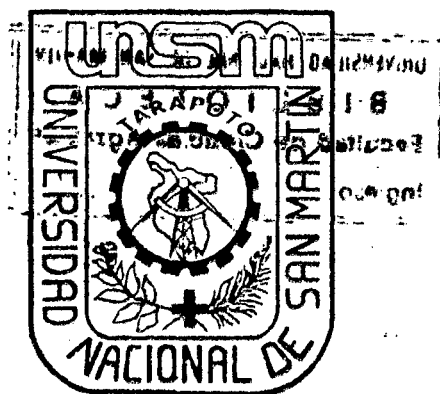


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**"CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO SECUESTRADO EN
UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
EN TARAPOTO - SAN MARTÍN"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

EDIN VILCHEZ NOVOA

TARAPOTO - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO SECUESTRADO
EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CACAO (*Theobroma
cacao* L.) EN TARAPOTO-SAN MARTIN”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
EDIN VILCHEZ NOVOA**

TARAPOTO – PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS

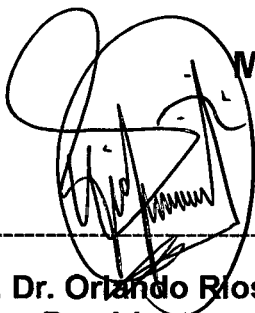
TESIS

**“CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO SECUESTRADO
EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CACAO (*Theobroma
cacao* L.) EN TARAPOTO-SAN MARTIN”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
EDIN VILCHEZ NOVOA**

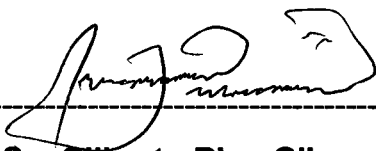
MIEMBROS DEL JURADO



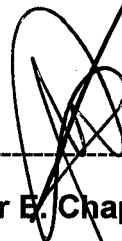
Ing. M.Sc. Dr. Orlando Rios Ramirez
Presidente



Ing. M.Sc. Javier Ormeño Luna
Secretario



Ing. M.Sc. Gilberto Rios Olivares
Miembro



Ing. M. Sc. César E. Chappa Santa Maria
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Orfa Novoa del Águila y Francisco Vílchez García y a mi hermano Iván Vílchez Novoa por brindarme su apoyo incondicional, para el logro de mis metas.

A mis tíos en especial a Rosa Angélica Portocarrero Muñoz y Jorge Alpino Novoa del Águila por el apoyo que me brindaron en mi carrera profesional y en el desarrollo de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. M.Sc. César Enrique Chappa Santamaría, asesor del presente trabajo de investigación.
- Al Instituto de Cultivos Tropicales y a su representante Ing. M.Sc. Enrique Arévalo Gardini como presidente del directorio, coordinador general; al Ing. M. Sc. Luís Zúñiga Cernades coordinador de proyectos y a la Srta. Lucinda Vela Vargas por brindarme las facilidades para realizar mi tesis en su prestigiosa institución. Al Ing. Ángel Luís Tuesta Pinedo y a todo el personal de apoyo del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), quienes contribuyeron de una u otra manera durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mi mejor amiga y Novia Rita Saboya Hoyos, por brindarme su apoyo en todo momento, por contagiarme ese deseo de superación y el de ser cada día mejor en mi vida personal y profesional.
- A mi amigo Erick Trigozo Bartra por su valiosa contribución y apoyo desinteresado durante la ejecución de la presente tesis.
- A mis profesores y amigos de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, quienes me ayudaron de una u otra manera en mi formación profesional.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	01
II. OBJETIVOS	03
III. REVISIÓN DE LITERATURA	04
3.1 El carbono	04
3.2 Ciclo del carbono	04
3.3 Captura del carbono	07
3.4 Concentración de carbono en el suelo	08
3.5 Cambio climático	09
3.6 Agroforestería	11
3.7 Biomasa	11
3.8 Los bosques, sistemas forestales y las reservas de carbono	12
3.9 Marco legal	18
3.9.1 Protocolo de Kyoto	18
3.9.2 Ley N° 27308, Ley forestal y de la fauna silvestre, DS 014-2001-AG.	19
3.10 Creación del mercado del carbono	20
3.11 El cultivo de cacao en el Perú	21
3.11.1. Aspectos botánicos del cacao	24
3.11.2. Recursos genéticos del cacao Fuente	25
3.11.3. Clasificación Taxonómica	29
3.12. Aspecto botánico de la jaca	41
3.12.1 Descripción	41
3.13 Aspecto botánico de la guaba	44
3.13.1 Identificación	44
3.13.2 Distribución, ecología y suelos	44
3.13.3 Descripción	45
3.13.4 Utilización	46
3.13.5 Métodos de propagación	47
3.13.6 Métodos de establecimiento y manejo de plantación	47

3.13.7 Producción y cosecha	49
3.13.8 Conservación y valor nutritivo	50
3.13.9 Proyección	50
3.14 Aspecto botánico de la Erytrina	51
3.14.1 Ubicación taxonómica y distribución del género	51
3.14.2 Descripción botánica	52
3.14.3 Hábitat y adaptación	53
3.14.4 Usos	53
3.14.5 Factores anti nutricionales	55
3.14.6 Plagas y enfermedades	56
3.14.7 Abono verde	57
3.15 Aspecto botánico de la shaina: <i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	58

IV. MATERIALES Y MÉTODOS 63

4.1 Descripción del lugar	63
4.2 Materiales	63
4.2.1 Equipos	63
4.2.2 Herramientas	64
4.3. Zona de estudio	64
4.3.1 Información general del sistema agroforestal de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	64
4.4 Metodología	65
4.4.1. Biomasa arbórea viva	67
4.4.2. Biomasa arbustiva (Bab) y herbácea (Bhb)	68
4.4.3. Biomasa de la hojarasca (Bh)	69
4.4.4. Biomasa de árboles caídos muertos	70
4.4.5. Muestreo de suelos y medición de densidad aparente	72
4.5. Cálculos	74
4.5.1. Calculo de la Biomasa Vegetal Total (t/ha)	74
4.5.2. Cálculo del carbono total	79
4.5.3. Cálculo del carbono total	80
4.5. Análisis estadístico	81

V. RESULTADOS	83
5.1. Biomasa y contenido de carbono en la biomasa aérea expresado en t.ha ⁻¹	83
5.2. Contenido de materia orgánica, Carbono orgánico y carbono en el suelo	85
5.3. Carbono total en la Biomasa aérea Vs. carbono total en el suelo expresado en t.ha ⁻¹	88
VI. DISCUSIONES	89
6.1 De la biomasa y contenido de carbono en la biomasa aérea Expresado en tn.ha ⁻¹	89
6.2 Del contenido de materia orgánica, CO y carbono en el suelo	91
6.3 De la relación entre el carbono total en la biomasa aérea Vs. carbono total en el suelo expresado en t.ha ⁻¹	94
VII. CONCLUSIONES	96
VIII. RECOMENDACIONES	98
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
X. RESUMEN	
XI. SUMMARY	
ANEXOS	

I. INTRODUCCIÓN

La tumba y quema de los bosques tropicales, es la principal causa de la deforestación, que ocasionan pérdidas de carbono, como componente mayor del ciclo del carbono y que tiene profundas implicancias para la biodiversidad (ICT, 2006).

Existe una creciente preocupación mundial por el cambio climático y su impacto en las actividades humanas y la productividad agrícola. Los factores que contribuyen a este problema mundial son, entre otros, los gases generados por la actividad industrial y agrícola; esta última, producto de la deforestación y quema de los bosques que presentan mayor contribución al incremento de Gases Efecto Invernadero (GEI). Una forma de mitigar estos efectos y reducir las emisiones, es capturando o fijando y manteniendo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal y en el suelo. En el primer caso se logra a través de la fotosíntesis y el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

A escala global, el cambio climático de uso de la tierra y las actividades forestales han sido, y son actualmente, fuentes netas de emisión de dióxido de carbono en la atmósfera. Sin embargo, con un manejo adecuado, los humanos tenemos el potencial para cambiar la dirección de los flujos de carbono entre el suelo y la atmósfera, paralelamente se proveerían múltiples beneficios ambientales y socioeconómicos logrando así las metas del desarrollo sostenible. "Un aspecto importante a tener en cuenta en los proyectos forestales con fines de comercio de

créditos de carbono, es la medición y monitoreo de los niveles de beneficio de captura de estos gases de efecto invernadero” (Larrea, 2007).

Los bosques naturales son los principales captadores de dióxido de carbono (CO₂), sin embargo existen otras alternativas de uso del suelo como los sistemas agroforestales o la reforestación planificada, incluyendo sistemas silvopastoriles (Arévalo, Alegre y Palma, 2003).

La degradación del suelo es considerado como la pérdida de su fertilidad actual y/o potencial, y es el resultado de los factores naturales y antropogénicos, produciendo impactos directos sobre la producción agrícola, calidad ambiental y biodiversidad. En la Amazonía Peruana, una gran superficie de los suelos fueron seriamente degradadas debido al sobre aprovechamiento del suelo y la deforestación del bosque nativo. (Alegre *et al.*, 2001).

El presente estudio pretende contribuir a la generación de información base para la elaboración de proyectos de comercialización de créditos de carbono, a través del aprovechamiento de sistemas agroforestales de cacao en la Amazonía peruana, como sumideros de gases de efecto invernadero y como posible motor de desarrollo para los productores cacaoteros. En nuestro país se esta considerando como una proyección alternativa de ingresos en zonas rurales y una forma de promover el desarrollo sostenible. En ese sentido, la evaluación y determinación de biomasa y reservas de carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao, es un indicador potencial de estos recursos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Determinar la cantidad biomasa y reservas de carbono secuestrado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tarapoto-San Martín.

2.2 Objetivos Específico:

1. Determinar la biomasa obtenida en un sistema agroforestal de cacao, estratos de vegetación (arbórea viva, árboles muertos en pie, árboles caídos muertos, hojarasca, arbustivas y herbáceas).
2. Determinar el carbono retenidos en el suelo en un sistema de producción de cacao.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El Carbono

En la naturaleza, el carbono se halla por doquier: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono. Todos los organismos vivos son compuestos de carbono, que se obtienen como resultado de los procesos metabólicos durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes de la vida (Smith, 1993).

Es un componente esencial de todos los seres vivos. Existe en su mayor parte como dióxido de carbono en la atmósfera, los océanos y los combustibles fósiles (carbón, petróleo y otros hidrocarburos). El dióxido de carbono en la atmósfera es absorbida por las plantas y convertidas en carbohidratos y tejidos a través del proceso de la fotosíntesis, como parte del ciclo del carbono (Lapeyre, 2004).

3.2. Ciclo del Carbono

Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima en la Tierra, en él se ven implicados actividades básicas para el sostenimiento de la vida. Comprende dos ciclos que suceden en distintas velocidades:

- Ciclo biológico: comprende los intercambios de carbono (CO_2) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el

cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años.

- Ciclo biogeoquímico: regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO_2 atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico. el retorno del carbono a la atmósfera, se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de rocas que lo contienen; este último ciclo es de larga duración, el verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descompone, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y/o gas natural.

La explotación de combustibles fósiles para sustentar las actividades industriales y de transporte junto con la deforestación es hoy en día, las principales agresiones que sufre el planeta, con las consecuencias conocidas; cambio climático; generado por el efecto invernadero, la desertificación, etc.

Esta problemática ha sido tocada en el “Convenio sobre Cambio Climático”, aprobado en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y suscrito en la Cumbre de Río el 11 de junio de 1992. El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kyoto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Después de muchas discusiones para su ratificación el Protocolo de Kyoto entró en

vigencia en febrero del año 2005. Este grafico puede verse representado en la Figura 1.

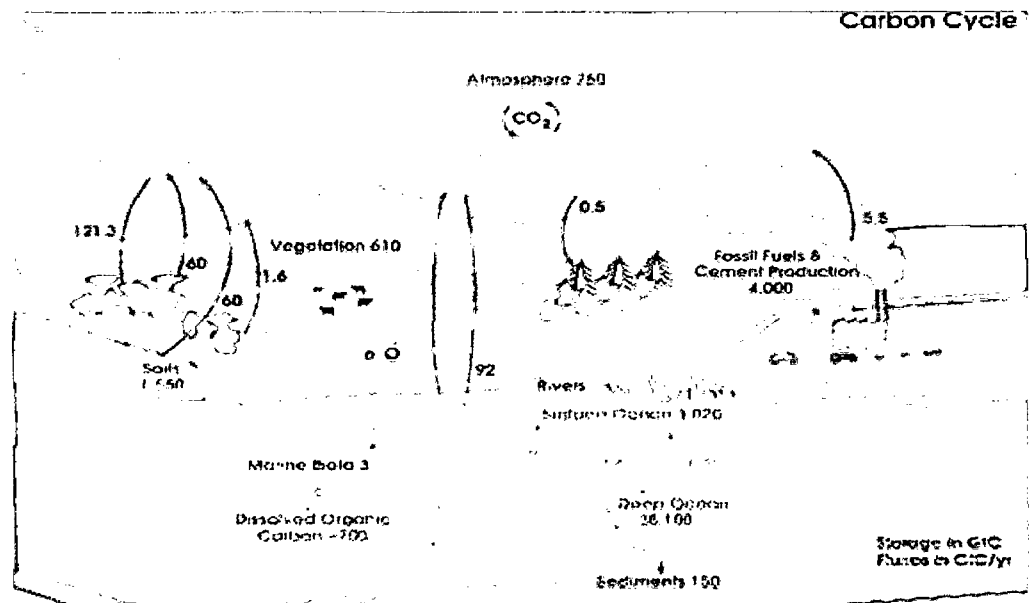


Figura 1: Ciclo del carbono. Smith (1993).

La reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO_2 que los seres vivos puedan asimilar, en la atmósfera y la hidrosfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO_2 , se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 20 años.

La vuelta de CO_2 a la atmósfera se hace cuando en la respiración los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO_2 . En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y no, como podría parecer, los animales más visibles.

El petróleo, carbón y la materia orgánica acumulados en el suelo son resultado de épocas en las que se ha devuelto menos CO₂ a la atmósfera del que se tomaba. Así apareció el O₂ en la atmósfera. Si hoy consumiéramos todos los combustibles fósiles almacenados, el O₂ desaparecería de la atmósfera (Smith, 1993).

IPCC, (2001), determinaron que, los principales componentes del ciclo del carbono son los océanos (38 000 Pg. C), la atmósfera (730 Pg. C) y el carbono almacenado en los ecosistemas terrestres (1500 Pg. C en suelos y 500 Pg. C en plantas y hojarasca) (Muños, 2006).

3.3. Captura del Carbono

La captura de Carbono mediante plantación de árboles, es sólo la pequeña parte de una solución temporal al problema del Calentamiento Global. Sería necesario cambiar nuestros patrones de consumo y conducta ante la vida para resolver este problema. La captura de carbono se realiza únicamente durante el desarrollo de los árboles. Los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) atmosférico junto a otros elementos del suelos y aire para convertirlos en madera.

La cantidad de CO₂ que un árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual de la biomasa en el árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar su madurez.

Cuando el árbol muere, emite hacia la atmósfera la misma cantidad de carbono que capturó. En estado estable, un bosque en plena madurez aporta la misma cantidad de carbono que captura. Por tanto, no es importante cuanto carbono el árbol captura inmediatamente, sino cuanto carbono captura durante toda su vida.

Para calcular la captura de carbono es necesario conocer el período en cual el bosque alcanzará su madurez. Los índices de captura de carbono varían de acuerdo al tipo de árboles, suelos, topografía y prácticas de manejo en el bosque.

Plantas, animales y humanos, son formas de vida basadas en el carbono que utilizan energía solar para obtener el carbono necesario para la química en las células. Las plantas absorben CO_2 a través de los poros en sus hojas; particularmente por la noche, los árboles emiten más CO_2 del que absorben a través de sus hojas. La planta concentra alrededor de 40% de carbono en los tejidos vegetales, lo que demuestra la capacidad formidable de la fotosíntesis (Isminio, 2006).

3.4. Concentración de carbono en el suelo

La captura de carbono se refiere al almacenamiento de carbono en forma sólida y estable, esto puede suceder a través de la fijación directa e indirecta del CO_2 atmosférico. En el suelo, la fijación de carbono es directa, se presenta a partir de reacciones químicas que convierten el CO_2 en compuestos inorgánicos de carbono tales como carbonatos de calcio y magnesio.

Los suelos pueden secuestrar cerca de 20 Pg/ha de carbono en 25 años, más del 10% de las emisiones antropogénicas. Al mismo tiempo esto proporciona otros beneficios importantes para el suelo, y la calidad del medio ambiente para la prevención de la erosión, la desertificación y para el fortalecimiento de la biodiversidad.

También menciona que los suelos son un excelente medio de reciclaje debido a su habilidad para absorber, intercambiar y oxidar casi cualquier tipo de materia. Debido a su actividad catalítica, permiten una rápida reincorporación de los materiales a sus ciclos naturales; al retener compuestos y elementos químicos establecen un balance entre residuos y la disponibilidad de materia, en particular la orgánica para la planta (FAO, 2002).

La formación de complejos establecidos entre el carbono y la fase mineral del suelo depende del contenido de arcillas en el suelo. Los suelos arenosos carecen de la capacidad de absorción por su estructura atómica y es posible lograr la absorción y estabilización del carbono en ellos, pero los suelos en su mayoría arcillosos tienen una capacidad determinante en la absorción del carbono (Larrea, 2007).

3.5. Cambio Climático

La convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) definió que: "Por 'Cambio Climático' se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera a la

composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”.

En la XII Conferencia Mundial de Cambio Climático realizada en Nairobi, Kenya el 7 de Noviembre del 2006 se manifestó que el efecto invernadero actualmente es uno de los principales factores que provocan el calentamiento global de la Tierra y por ende influye decisivamente en el cambio climático actual, convirtiéndose en una de las más graves amenazas para la humanidad.

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta. Este proceso se genera cuando parte de la radiación que llega a la atmósfera choca y es absorbida por las moléculas de CO₂, H₂O, O₃, CH₄ Y CFC's causando que estas en su vibración emitan energía en forma de rayos invisibles e infrarrojos manteniendo así la temperatura atmosférica.

El fenómeno del cambio climático se ha denominado a las variaciones en el patrón del clima por la intervención humana. Esta alteración ha modificado el balance de la atmósfera en su capacidad de permitir la radiación mediante el ingreso de los rayos solares y la irradiación con la que se expulsa el calor solar al espacio.

Se ha identificado que la alteración del balance para la radiación y la irradiación atmosférica procede de las modificaciones de los gases

denominados gases de efecto invernadero, los cuales intervienen en esos procesos de atrapar y expulsar el calor solar. Los gases de efecto invernadero son principalmente el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los clorofluorocarbonos (CFC's), el ozono (O₃) y el vapor de agua (Villalobos, 2005).

3.6. Agroforestería

Son sistemas de usos y prácticas agrícolas combinadas con árboles y arbustos en la misma unidad de suelo, en forma de disposición espacial o en secuencia temporal, con interacciones ecológicas entre sus distintos componentes (Torres, 2007).

Los sistemas agroforestales son formas de usos de la tierra, en los cuales los árboles o arbustos son utilizados en forma intercalada o asociada con cultivos agrícolas en el mismo terreno de manera simultánea o en una secuencia temporal (López, 1994).

3.7. Biomasa

Las plantas usan el sol para crecer. La materia orgánica de la planta se llama biomasa y almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La biomasa es parte del ciclo natural del carbono entre la tierra y el aire.

En el concepto de biomasa no se debe incluir la turba (Combustible fósil formado de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos, de color pardo oscuro, aspecto terroso y poco peso, y que al arder produce humo

denso), que a efectos de emisiones de CO₂ equivale a un combustible fósil; además, dados los impactos ambientales derivados de la explotación de turberas, no se podría considerar energía renovable la obtenida de esta fuente de energía (López, 1994).

3.8. Los bosques, sistemas forestales y las reservas de carbono

Los bosque naturales son principalmente secuestradores de dióxido de carbono, pero existen otras alternativas de uso de tierra como los sistemas agroforestales o la reforestación planificada, incluyendo sistemas agrosilvopastoriles; que pueden secuestrar en promedio de noventa y cinco toneladas de carbono por hectárea en quince años, además de proporcionar bienes y servicios que pueden potencialmente evitar que se deforesten de 5 a 20 hectáreas manejadas con sistemas tradicionales.

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual esta en función a su heterogeneidad, condiciones de clima y suelo. Se asume que el 45% de la biomasa seca es carbono. Existe en los bosques una acumulación de carbono almacenado que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar de 150 y 382 t/ha, por lo tanto el carbono almacenado varía entre 67,5 a 171 t/ha (Alegre *et al.*, 2001).

Según el ICRAF "La Agroforestería es un sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos de forma continua, combinado la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan

frutales y otros arbóreos) con cultivos de campo o arables y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo compatibles con las prácticas culturales de la población local" (Larrea, 2007).

En el gráfico 1 se muestra las reservas de carbono total en la biomasa y en el suelo en diferentes sistemas de uso de tierras en Yurimaguas y en Pucallpa. Mientras los niveles de C en el suelo permanecen relativamente estables cuando la tierra es convertida de foresta para otros usos, las reservas de C en la biomasa aérea es considerablemente reducida.

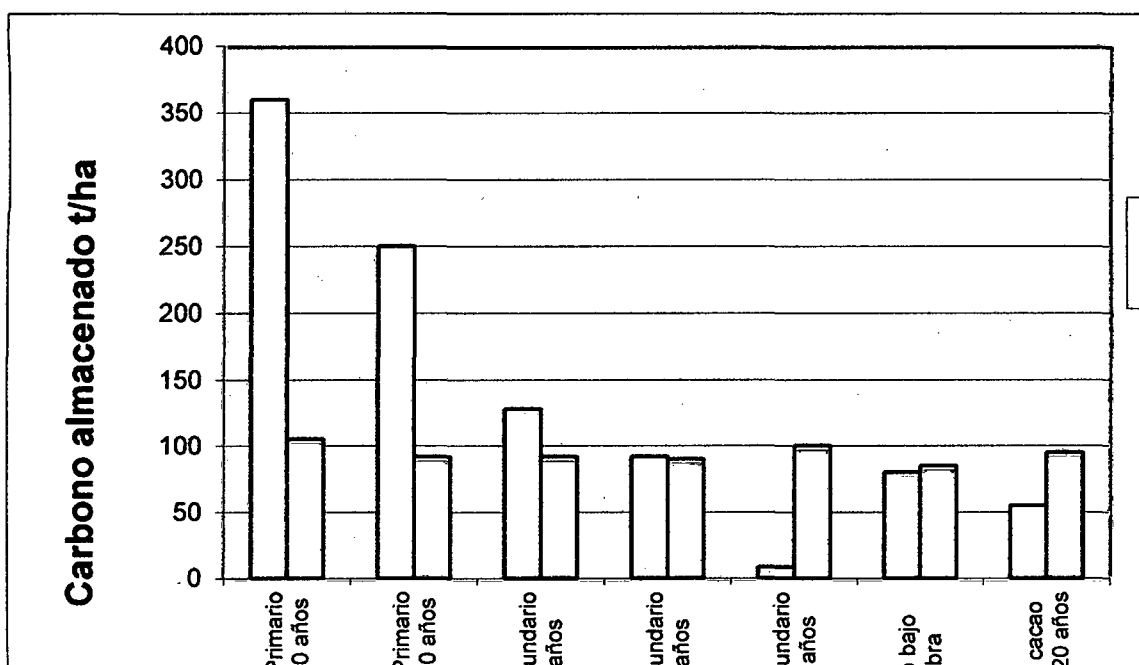


Gráfico 1: Reserva de C con diferentes sistemas de usos de la tierra en Yurimaguas y Pucallpa.

Alegre *et al.* (2001).

La foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de C en ambos sitios. El barbecho natural comparado con los barbechos de ciclos cortos aumentó ligeramente el contenido de C con el tiempo. El nivel de C de

la biomasa en todos los sistemas manejados es más bajo que el de los bosques naturales. Sin embargo, entre los sistemas manejados el contenido de C en los sistemas perennes con árboles fue más alto y fluctuó desde 63 t/ha para la plantación de amburara, hasta 99 t/ha para la plantación de Maruya. Los huertos familiares tuvieron 85 t/ha vs. 53 t/ha plantaciones de cacao (Pucallpa).

En sistemas agroforestales de Yurimaguas estos valores fueron bajos para barbechos cortos y aumentan ligeramente cuando combinan con especies arbóreas de rápido crecimiento (*Inga* sp) con coberturas (*Centrosema macrocarpum*), que almacenaron 33 t/ha en 3 años y solo 9 t/ha con un bosque secundario natural de la misma edad (Alegre *et al.*, 2001).

Los sistemas con cobertura permanente de centrosema (*C. macrocarpum*) abastecen permanentemente de hojarasca y con ello una rápida disponibilidad de nutrientes y una fuerte defensa contra la erosión, sin embargo como biomasa total, comparados con árboles son mucho menores pues no pasan de 6 t/ha. Los pastos tuvieron cantidades muy bajas de C.

Finalmente las reservas de C en los sistemas de uso de tierras en Yurimaguas con barbechos cortos fueron mayores que en Pucallpa debido a que en Yurimaguas la intensificación de uso de tierras es menor y el grado de degradación de los suelos es menor que en Pucallpa (Alegre *et al.* 2001).

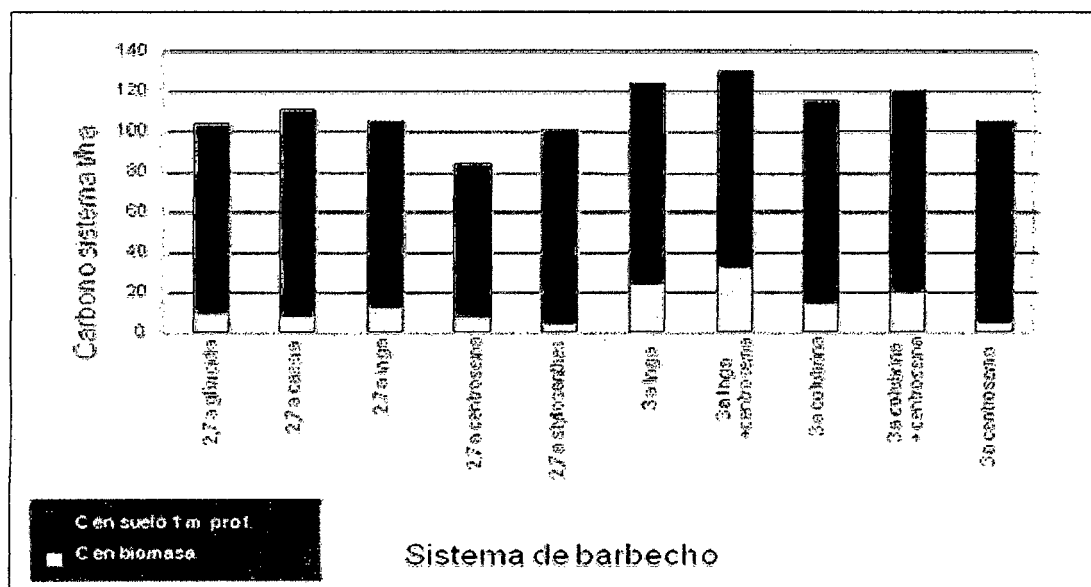


Gráfico 2: Reservas de C en los sistemas de barbechos de ciclo corto en Yurimaguas y Pucallpa. Alegre *et al.* (2001).

Estos resultados, resaltan los cultivos de árboles perennes, basados en sistemas de multiestratos como cacao, huertos semilleros o plantaciones a campo abierto; alcanzan del 17 al 27% del C secuestrado del bosque primario de 200 años, comparado con solo 1% con los sistemas de coberturas o pastos. Los cultivos perennes y los sistemas multiestratos como cacao o huertos son más económicos y atractivos para los agricultores que los cultivos anuales. Los flujos de C variaron entre 1 hasta 11 t/ha siendo las plantaciones perennes, así como los barbechos cortos con Inga, los que presentaron mayores flujos (Alegre *et al.*, 2001).

Lapeyre (2004), determinó reservas de carbono en sistemas de bosque primario, secundario de diferentes edades, sistemas agrícolas típicos de la zona: Maíz (*Zea maíz*), Arroz (*Oriza sativa*) y pastos (*Brachiaria sp.*) y en

sistemas agroforestales tales como Café (*Coffea arabica* L.) bajo sombra y Cacao (*Theobroma cacao* L.).

En cada uno de estos sistemas se establecieron al azar cinco transectos donde se evaluó la biomasa arbórea; dentro de estos transectos se establecieron cuadrantes también al azar para cuantificar la biomasa herbácea y la biomasa de hojarasca. El carbono total en bosque primario fue de 485 t/ha, habiéndose reducido las reservas en más de 50% con el bosque secundario de 50 años (234 t/ha). El bosque descremado de 20 años perdió más del 80% de reservas (62 t/ha). Se observó que los sistemas boscosos alterados, difícilmente recuperan sus reservas de carbono y menos aún si son frecuentemente perturbados (Larrea, 2007).

Isminio (2006), estimó la cantidad de carbono retenido en la biomasa de la hojarasca, biomasa arbustiva, biomasa arbórea y en los 5 cm. superficiales del suelo, en un sistema agroforestal de café bajo sombra de *Inga edulis* y determinó la proporción relativa entre sus componentes, en el distrito de Rumizapa, provincia de Lamas, departamento de San Martín. Utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones. Los resultados reportan que, la mayor cantidad de carbono capturado en comparación a los demás parámetros evaluados, fue la biomasa arbórea del bosque primario, con 79 008.40 kg. C/ha, seguido del suelo (bosque primario), hojarasca (café de 6 años), y biomasa herbácea (café de 5 años), con 37500, 7900.46 Y 2408.12 kg. C/ha respectivamente. Isminio afirma que, la mayor acumulación de carbono en cafetos mayores de 5 años, puede deberse al

grosor de los tallos y las ramas, en estas partes se acumulan la mayor cantidad de carbono.

Larrea (2007), concluye que los sistemas de cacao con especies forestales maderables y frutales, presentaron una mayor acumulación de carbono almacenado en la biomasa aérea arbórea, a su vez, estas combinaciones favorecen de manera constante la presencia de abundante hojarasca, funcionando como principal agente de conservación del suelo y excelente controlador de maleza. Los flujos de la fijación de carbono para cada uno de los sistemas fluctuaron desde 0.99 a 8.02 t. C/ha/año. El sistema más rentable para la comercialización de créditos de carbono, es el cacao de 8 años con sombra de capirona, bolaina y caoba, con un ingreso anual aproximado de US\$ 150.33 t. CO₂/ha/año.

Muños (2006), afirma que, el contenido de carbono en el suelo, disminuye con la profundidad, donde el decrecimiento es en forma exponencial, lo cual concuerda con Bernoux *et al.*, (1998) quien indica que en sistemas agrícolas es común encontrar disminuciones exponenciales de C. Además determinó que un 65 – 70% del total del total de carbono se encuentra en los primeros 10 cm. del suelo.

Schimel (1998) y Oren (2001), afirmaron que, las formaciones de complejos establecidos entre el carbono y la fase mineral del suelo depende del contenido de arcilla en el suelo. Los suelos arenosos carecen de la capacidad de absorción por su estructura atómica y es posible lograr la absorción y

estabilización del carbono en ellos, pero los suelos en su mayoría arcillosos tienen una capacidad determinante en la absorción del carbono (Larrea, 2007).

3.9. Marco Legal

3.9.1 Protocolo de Kyoto

El protocolo de Kyoto fue firmado en 1997, tiene como objetivo que los países desarrollados se reduzcan en promedio 5.2% de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) con respecto a las emitidas en el año 1990, el primer periodo de compromiso esta fijado entre los años 2008 y 2012. Dentro de las herramientas propuestas en el protocolo de Kyoto se encuentra el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), este les permite a los países desarrollados invertir en proyectos en países en vías de desarrollo, que mitiguen o capturen gases invernaderos, esto se logrará a través de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's). Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables del al menos un 55% de las emisiones de CO₂.

El protocolo entraría recién en vigor con la ratificación de Rusia en noviembre del 2004, después de conseguir que la Unión Europea (EU), pague la reconversión industrial, así como la modernización de las instalaciones, en especial las petroleras. Además del cumplimiento que estos países deben conseguir con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que

se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo más no fue ratificado, por lo que su adhesión sólo fue simbólica hasta el 2001 en el cual el gobierno de Bush se retiró del protocolo ineficiente e injusta al involucrar sólo a países industrializados, y excluir, de esta manera, a algunos de los mayores emisores de gases en vía de desarrollo (China e India particularmente) con lo cual se considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense (ONU, 1998).

3.9.2. Ley N° 27308, Ley Forestal y de la Fauna Silvestre, DS 014-2001-AG

Según la legislación del Perú se reconoce los servicios ambientales del bosque, la implementación de esquemas de indemnización, los medios de asignación de recursos y la promoción de la gestión de estos servicios.

Con respecto a dichos servicios la ley N° 27308 en su Art. 2.3 define y se anuncia los servicios ambientales del bosque:

- Absorción de dióxido de carbono.
- Regulación del agua.
- Conservación de la diversidad biológica.
- Protección del suelo.
- Belleza escénica.

En el Art. 35.4 se determina el concepto de indemnización por estos servicios, los medios de asignación de recursos y la promoción de la gestión de estos servicios. En el Art. 282 del reglamento se determina que el Ministerio de Agricultura es el encargado de establecer los mecanismos para el mantenimiento de estos servicios.

Así mismo, el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) es una institución de derecho privado, sin fines de lucro y de interés público y social, creada por el Congreso de la República del Perú, mediante Ley N° 26793 del año 1997, destinada a promover la inversión pública y privada en el desarrollo de planes, programas, proyectos y actividades orientadas al mejoramiento de la calidad ambiental, el uso sostenible de los recursos naturales, y el fortalecimiento de las capacidades para una adecuada gestión ambiental.

El FONAM es reconocido por el PCF (Fondo Prototipo de Carbono del Banco Mundial) como el punto focal de sus actividades en el Perú, en lo referente a la identificación, calificación y manejo de proyectos que puedan ser presentados ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para la obtención de Certificados de Reducción de Emisiones de Gases de efecto invernadero (CER's). Por este motivo se crean estructuras de mercado intermediarias de proyectos sobre remas de servicios ambientales.

3.10. Creación del mercado del carbono

En el protocolo de Kyoto también se establecieron los mecanismos que facilitarían el cumplimiento de las reducciones de emisiones de GEI en lo

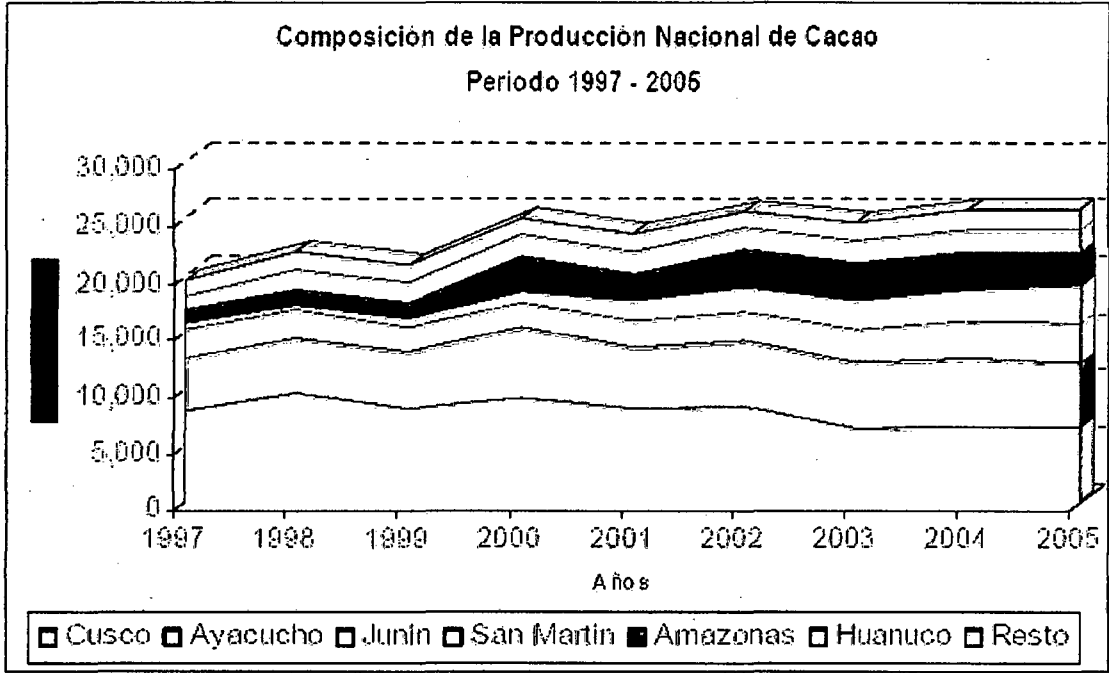
países industrializados de un modo costo-efectivo. Estos mecanismos son: 1) Comercio de Emisiones (CE), 2) Implementación Conjunta (IC) Y 3) Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (Larrea, 2007).

3.11. El cultivo de cacao en el Perú

En relación a la producción mundial de cacao, esta presentó una tendencia positiva durante la década de los noventas, la cual se interrumpió hacia los años 2001 y 2002. A partir de este año al 2005, hay un nuevo crecimiento de la producción mundial del orden del 9.6% (MINAG, et al., 2006).

La producción mundial de cacao en grano se concentra en países tropicales, principalmente de los continentes de África y América. En África se encuentra el 72% de la producción, mientras que América Latina produce el 13%. Los ocho principales países productores de cacao en el mundo, son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Brasil, Camerún, Ecuador y Colombia; que concentran el 92.5% de la producción mundial. Los cuatro primeros representan un 77.5% del total. La producción mundial tuvo una tendencia al crecimiento; del 3% con relación al año 1990. Ello se explica debido a la disminución de la producción de los principales productores en los años 2001-2002 y una reactivación en los años 2003- 2004. Cifras proporcionadas por la Dirección General de Información Agraria (DGIA) del Ministerio de Agricultura indican que la cantidad de cacao producida durante la campaña agrícola 2004-2005, ascendió a 25,846 t, la misma que representa aproximadamente el 0.7% de la producción mundial y el 0.62% del total del valor de la producción nacional agrícola (el comportamiento de este indicador en los

últimos diez años se observa en el gráfico 3. El cacao es el sustento de unas 29,015 unidades agropecuarias. Según la “Caracterización de las Zonas Productoras de Cacao en el Perú”, informe preparado por PROAMAZONIA, 2005; el 70% de la superficie cacaotera es conducida por productores que poseen predios menores de diez has, 19% en predios que van de diez a veinte y solo el 11% en unidades agropecuarias con mayor superficie.



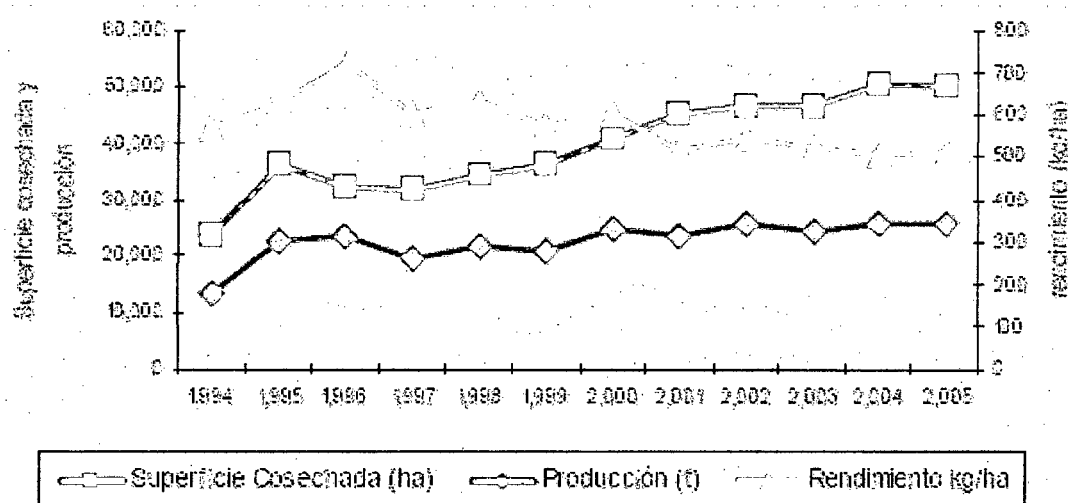
Fuente: DGIA-MINAG

Gráfico 3. Producción Nacional de Cacao.

A manera de hipótesis, se sugiere que un último factor que obró para el aumento del área cacaotera en el país fue el fomento de la producción que se hizo en áreas de cultivo de coca, realizado por el Programa de las Naciones Unidas para la Fiscalización Internacional de Drogas, PROAMAZONIA, en su informe refuerza tal afirmación al indicar que a mediados de la década 1990 se incentivó la promoción del cultivo en las zonas de La Convención, el valle

del río Apurímac y el Alto Huallaga, como alternativa a la producción de coca. Al analizar estas cifras se observa, que el aumento de la producción se explica principalmente por el incremento de la superficie del cultivo, que en los últimos quince años creció en alrededor del 80%. En el gráfico presentado se puede observar claramente como los rendimientos (Kg/ha), han ido disminuyendo desde la segunda mitad de la década de los noventa, luego de un periodo relativamente estable; actualmente el rendimiento por hectárea es de 0.513 toneladas.

Durante el 2005 casi todos los sub grupos de las exportaciones no tradicionales presentaron un incremento en sus ventas sobre todo los que están ligados al café, cacao y esencias, los cuales crecieron en una cifra cercana al 80%. En términos de volumen, las exportaciones de productos agroindustriales se aumentaron de manera destacada, alcanzando cifras de crecimiento cercanas al 15% aproximadamente.



Fuente: FAO

Gráfico 4. Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cacao en Perú. En el 2005, el total de las exportaciones de cacao en todas

sus presentaciones alcanzó los 35'599.35 millones US \$ FOB, incrementándose en un 5.9% el valor respecto al 2004. La variación de las exportaciones no tradicionales para el 2005 fue de 16%. Si tenemos en cuenta el valor monetario del total de exportaciones agrícolas no tradicionales, el cacao en todas sus presentaciones representó el 4.35%, así mismo, registró un incremento del orden de 11.5% menor a lo registrado el año 2004 (27.2%). (www.minag.gob.pe/dgpa1/ARCHIVOS/PE_cacao5.pdf, 2006).

3.11.1. Aspectos botánicos del cacao (IICA, 2006)

El cacao es una especie originaria del Bosque Húmedo tropical (Bh-t) en América del Sur; debido al sistema de vida nómada que llevaron a los primeros pobladores del Continente americano, ha sido difícil establecer con exactitud el centro de origen del cacao. Geográficamente en el mundo las mayores áreas cacaoteras están concentradas en los 10° de latitud norte y sur de Ecuador, distribuidas en el Oeste Africano, América Latina y Sud Este de Asia. Sobre la base de estudios moleculares y argumentos paleográficos y geobotánicas, se propusieron 4 grupos o compuestos germoplásmicos naturales, con su correspondiente distribución geográfica como se señala a continuación:

Cuadro 1. Grupos de germoplasma y su distribución.

Grupo de cacao	Distribución geográfica
A. Criollo	América Central, Colombia y Venezuela
B. Amazonas, Forasteros Del Alto Amazonas	Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Brasil
C. Guyanas o Forasteros Del Bajo Amazonas	Meseta de las Guyanas, Venezuela, Surinam, Guyana Francesa y Brasil
D. Nacional	Zona Costera del Ecuador

Fuente: IICA, 2006

Recientes estudios han revelado nuevos conocimientos sobre la taxonomía, especiación, y dispersión geográfica del cacao. Mediante marcadores bioquímicos y moleculares se ha confirmado la naturaleza híbrida del tipo Trinitario (Cruce Criollo x Forastero). A su vez se sugirió un origen sudamericano del cacao criollo. Las variedades de cacao Forastero que se denomina "Cacao común" o "Corriente" representan los mayores volúmenes de la producción mundial. Por otro lado las variedades de Cacao Criollo (Porcelana, Playa Alta, Cerro Azul) de América Central y Sur (Colombia y Venezuela) conjuntamente con las variedades del tipo Nacional (Var "Arriba" del Ecuador y las variedades trinitarias son llamados "Cacaos finos", "Superiores" o "Selectos" y representan una pequeña parte de la producción mundial (IICA, 2006).

El cacao es una planta C3, como la mayor parte de las plantas son plantas C3. En estas plantas hay una mayor concentración de cloroplastos en el haz que en el envés (www.famsi.org/reports/99002es/section02.htm, 2007).

3.11.2. Recursos genéticos del cacao Fuente: (IICA, 2006)

Los recursos genéticos vegetales representan la "materia viviente que puede propagarse sexual o asexualmente, tienen un valor actual o potencial para la alimentación, agricultura o forestería y pueden ser variedades primitivas (razas locales) obsoletas o modernas; poblaciones en proceso de mejora genética y poblaciones silvestres. Se ha captado información sobre las expediciones que hizo a Perú F.J. Pound (1938 y 1939), de los clones introducidos a la Estación Experimental Agrícola de Tingo María, así como

también del establecimiento de los Bancos de Germoplasma efectuados por PNUD en la UNAS Tingo María, Tocache, UNU, Valle del río Apurímac-Ene (Ayacucho) e igualmente del Banco de Germoplasma de cacao de Cajamarca y Amazonas efectuada por ADEXAID; todo lo cual constituye un enorme potencial de recursos genéticos que está disperso. Se precisa su unificación, previa sistematización así como también su evaluación con fines de mejoramiento genético, de acuerdo a las metodologías existentes y que ahora con las ayudas biotecnológicas con que se cuenta se facilitará la obtención de clones o híbridos de alta productividad, resistentes a enfermedades y con alta calidad de la almendra, entre otros parámetros.

En cuanto a la **UNAS**, Tingo María según la exposición ofrecida en el Taller Nacional “Estandarización de la oferta tecnológica del Cacao en el Perú “se mencionó que el Banco de Germoplasma de Cacao de la UNAS le fue transferido del PNUD para conocer, evaluar y generar semilla élite (1990). El pool genético cuenta con 160 accesiones: Colección Internacional, Colección Huallaga y Colección Ucayali - Urubamba. En cuanto a distribución geográfica la mayor concentración de áreas de cacao están entre los 10° de Latitud norte y sur del Ecuador, distribuidos en el Oeste Africano, América Latina y Sud Este de Asia. El oeste africano es la región más creciente con 66.8 % de la producción mundial, América Latina redujo su área a 13.7 % y Asia incrementó su producción a 19.5 % (IICA, 2006).

En el Perú, existe gran diversidad de genotipos de cacao provenientes del cruce entre amazónicos, criollos y trinitarios que presentan atributos

agronómicos superiores, sin embargo su potencial se ve disminuido por el manejo inadecuado, que puede corregirse con técnicas de manejo integrado. En las diferentes zonas productoras de cacao, la selección de material genético local es una práctica importante porque permite obtener plantas adaptadas a condiciones del medio. Es necesario orientar a los productores durante la instalación de sus predios para evitar la promoción de plantaciones monoclonales que considera solo características deseables de mayor rendimiento, cantidad calidad de semilla, tolerancia a enfermedades (ICT, 2004).

La producción de cacao en el Perú se concentra en la parte baja de la vertiente oriente de los Andes entre los 200 y 900 metros sobre el nivel de mar. Las principales zonas de cultivo se ubican principalmente en el valle del Río Apurímac- Ene (Junín, Ayacucho y Cusco), el valle de la Convención (Cusco), el valle del Huallaga (Huánuco y San Martín), el valle del Tambo (Junín), y el valle del Marañón (Cajamarca y Amazonas).

En el país actualmente existen 50,395 Has de cacao en producción, con 25,846 t y un rendimiento promedio de 513 Kg/ha. Actualmente se tiene un promedio superior a 700 Kg/ha en parcelas bien manejadas. Los Departamentos de mayor producción son Cuzco, Ayacucho, San Martín, Amazonas y Huánuco (MINAG, 2006).

Por otro lado, la zonas que comprendieron el presente estudio Huánuco y San Martín cuentan con 8,013 has es decir el 17.11% del total del área

nacional, con un rendimiento promedio de 476 Kg. / ha. (ICT, 2004). Los rendimientos en San Martín fueron de 653 t en 1980; se elevó a 1866 t en 1999. Actualmente el rendimiento promedio del Cacao en esta zona es de 476 Kg/ha. (ICT, 2004). A pesar de la presencia en la región de enfermedades como la Monilia y la Escoba de Bruja, los agricultores que tienen áreas en producción, con un manejo adecuado del cultivo han logrado contrarrestar los daños ocasionados por estas enfermedades, con la inclusión de plantaciones de híbridos y clones tales como el ICS 95 y el CCN 51, tolerantes a estas enfermedades. (ICT, 2004).

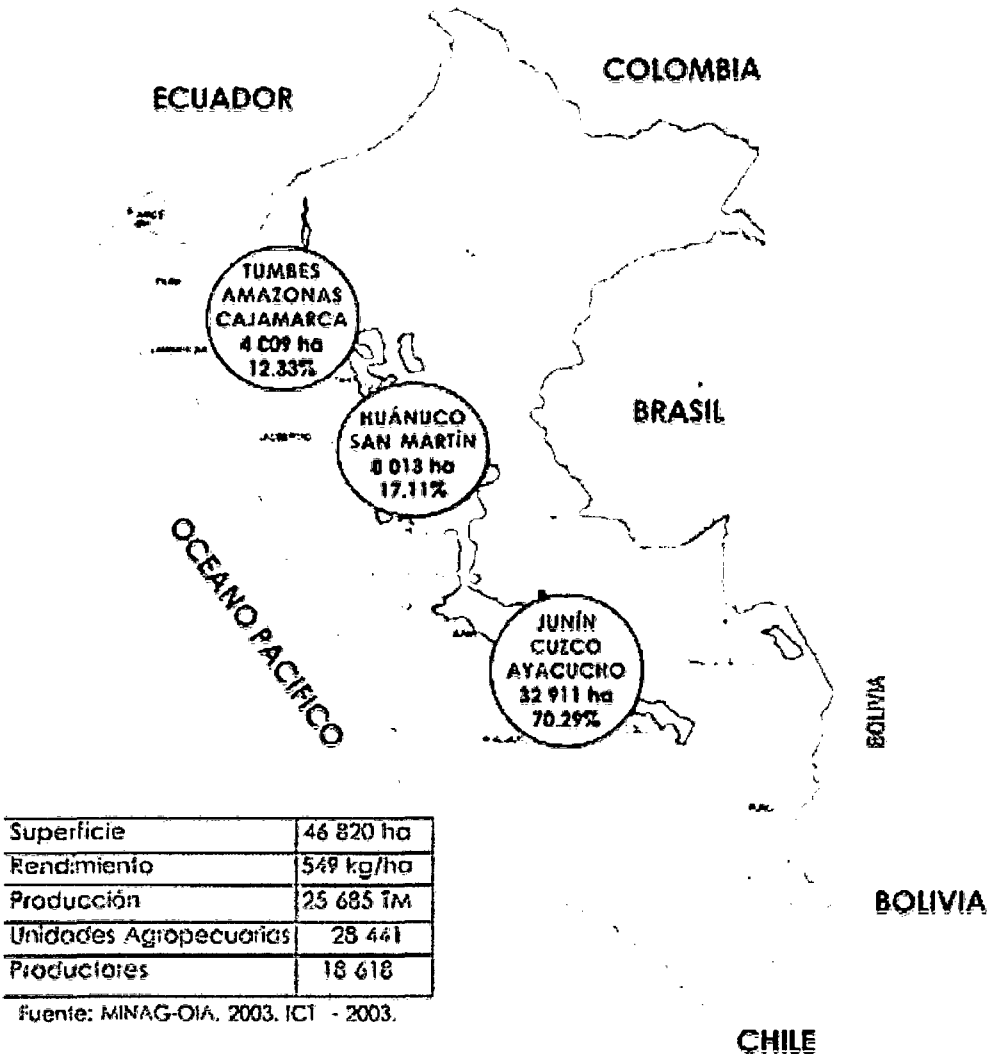


Figura 2. Mapa de distribución del cacao en el Perú (Fuente: ICT, 2004).

En cuanto al precio, actualmente ha subido de 4.3 soles el Kg. en el 2006 a 6.5 soles por Kg. En el 2007 debido al déficit global de stocks de cacao en grano a nivel mundial, 103,000 Toneladas pronosticadas por la Fundación Mundial del Cacao, debido a la sequía que azota a Costa de Marfil y Ghana, los dos productores más grandes de cacao, según la Bolsa de Valores de Nueva York, 20 Abril del 2007. Fuente: (www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=ahdM RO291ow,2007).

3.11.3. Clasificación taxonómica

El nombre botánico del cacao es *Theobroma cacao* L. el cual pertenece a la clase Dicotiledónea; Orden Malvales; Familia Sterculaceae. La característica principal de esta planta es la de ser cauliflora, es decir produce sus flores y frutos en el tallo y ramas; el nombre *Theobroma*, significa alimento de los dioses, que se le atribuye a las propiedades divinas que los indígenas consideraban en esta planta (ICT, 2004).

Condiciones del clima y suelo (ICT, 2004)

Temperatura

La temperatura es determinante en el desarrollo de cultivo del cacao:

- Crecimiento.
- Floración.
- Fructificación

El cultivo del cacao requiere las siguientes características:

La temperatura media anual debe estar alrededor 24-a 26° C y nunca pasar los 30° C, la temperatura media anual diaria no debe ser inferior a 15° C. La oscilación diaria de la temperatura entre el día y la noche no debe ser inferior a 9 °C.

Precipitación

El cacao es una planta muy sensible a la falta de humedad en el suelo, por esto es importante una buena distribución de la precipitación durante el año; considerándose que el mínimo debe ser 100 mm/mes común precipitación anual entre 1200 a 2800 mm/año.

Si la zona es demasiado lluviosa (1800 a 3000 mm/año) los suelos deben presentar un buen drenaje. La humedad relativa debe ser mayor al 70%. La distribución de lluvias determina la campaña cacaotera, la cual abarca 4 etapas: 1) Descanso, 2) Brotamiento, 3) Floración y 4) Cosecha. El ciclo no es continuo porque hay etapas que se superponen.

Humedad relativa

Está en relación directa con la distribución de las lluvias y debe ser mayor al 70 %. Un factor determinante que favorece el aumento de la humedad relativa y aumenta el ataque de plagas y enfermedades; es el manejo de la sombra permanente.

Luminosidad

Se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de Luz limita los rendimientos mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% del total de la luz lo incrementa.

En algunos países se reportan incrementos relativos del rendimiento, superiores al 180% después de haber suprimido la sombra permanente, complementándolo con labores agronómicas de fertilización en tenores altos, y la regulación de sistemas de riego.

Altitud

La altitud esta en relación directa con la temperatura a medida que aumenta la latitud disminuye la temperatura.

El rango óptimo de altura se encuentra en los 250-900 m.s.n.m. fuera de ese límite las plantas sufren alteraciones fisiológicas que afectan el potencial productivo lo que refleja en un menor rendimiento y baja rentabilidad para el productor.

Condiciones del suelo

Los suelos más apropiados son los aluviales de textura franca:

Los arcillosos – arenosos y los arena –arcillosas.

Se ha observado una gran adaptabilidad a suelos en laderas con pendientes mayores a 25 % con manejo de coberturas establecidos a curvas de nivel.

El pH varía entre 4.5 y 8.5; siendo el óptimo entre 5.5 a 6.5.

Características favorables del suelo, para el cultivo del cacao.

- Que no tengan rocas continuas ni formen terrones muy duros.
- Que tengan un buen drenaje o sean fáciles de drenar con la construcción de canales.
- Que no sean ni muy pesados o arcillosos ni demasiado arenosos.
- Que sean profundos de 1.5 de profundidad, ricos en materia orgánica y nutrientes minerales.

Características desfavorables en los suelos para el cultivo de Cacao.

- Perfil muy superficial
- Nivel freático alto
- Presencia de una capa dura
- Altas concentraciones del aluminio
- Erosión del suelo

Sistema de propagación

En los últimos años los diferentes proyectos de asistencia técnica vienen promocionando la instalación de plantaciones de cacao, utilizando la propagación vegetal por injerto. En años anteriores; se ha trabajado en acciones de rehabilitación – renovación e instalación de áreas nuevas de cacao, utilizando la propagación sexual por semilla híbrida. La decisión por la reproducción vegetativa se ha adoptado teniendo en cuenta la “segregación genética” que se presenta en campo cuando se instalan plantaciones en base a las semillas híbridas, ya que según experimentos en costa Rica, se ha comprobado que en plantaciones establecidas con

semillas híbridas solo un 30% de los árboles es responsable del 70% de la producción, lo que nos demuestra que hay una gran variabilidad genética en la progenies del material híbrido.

Sin embargo, debemos mencionar que no por eso deja de ser importante la instalación de áreas de cacao con semilla híbrida certificada. En todo caso, consideramos que es muy importante tener la alternativa de injertar con material clonal altamente productivas en los chupones de los híbridos improductivos.

En los países con tradición del cultivo de cacao hay una tendencia cada vez mayor a la utilización de material vegetativo en la instalación de áreas nuevas y de renovación de cacaotales viejos.

Material genético de propagación

En el Perú, existe gran diversidad de genotipos provenientes del cruce entre amazónicos; criollos, y trinitarios que presentan atributos superiores de productividad y tolerancia; plagas y enfermedades es necesario evaluarlo para posteriormente recomendar a los agricultores.

La selección de material genético local es una práctica importante porque las plantas se encuentran adaptadas a las condiciones del medio en las diferentes zonas productoras de cacao.

Es necesario orientar a los productores en la instalación de sus predios con clones seleccionados que presentan características deseables: mayor rendimiento, tolerancia a las enfermedades, mayor contenido de grasa entre otras.

Evitar la promoción de plantaciones monoclonales o híbrido uniforme, esta opción podría ser perjudicial en el futuro por la predisposición a la ruptura de cualquier tipo de tolerancia y /o resistencia. Recomendándose establecer como mínimo una combinación de cinco clones por hectárea, utilizando preferentemente 75% de clones productivos y 25% de clones tolerantes dispersos al azar. La sugerencia se justifica por experiencias en las cuales se encuentran inmersos algunos productores del Huallaga Central, caso específico de localidades de la provincia de Tocache, donde la severidad de enfermedades y plagas es alta debido al factor monoclonal, comparada con otras plantaciones en mezcla de clones en el mismo lugar.

Clones productivos:

Internacionales: ICS-95; ICS-39; CCN-51; TSH-565; TSH-1188; TSA-792;

Locales: IMC-67; SCA-12; SCA-6; P-12. Todo ello conlleva al manejo de sombra preferentemente con especies de guaba y árboles maderables. El distanciamiento se realiza en función a la precipitación y temperatura del lugar.

Como regla general a menor precipitación mayor densidad de sombra permanente de 6x6 a 9x9 m como el caso de la provincia de Juanjuí

(departamento de San Martín), a mediana precipitación. Densidad intermedia es decir de 10 a 15 m, como es el caso de la provincia de Tocache (departamento de San Martín).

A mayor precipitación menor densidad es decir de 12x12 a 18x18 m, como es el caso de Tingo María (departamento de Huánuco). Las plantas de sombra permanentemente se instalan al mismo tiempo que se siembra el cultivo temporal, utilizando especies de guaba y árboles maderables en los linderos, como; eritrina, pucaquiro, paliperro y capirona. Se debe utilizar guabas con frutos pequeños y ralos evitando la caída de ramas por peso de los frutos.

La sombra permanente se maneja formando un solo eje hasta una altura de 8 m donde recién se maneja formal la copa. Por otro lado antes de tomar la decisión del establecimiento se debe realizar un análisis de suelo el cual nos permitirá hacer una caracterización del suelo para el mejor establecimiento de la plantación (ICT, 2004).

Existen algunos trabajos de instalación con palta, bolaina y tornillo cada 8 metros los cuales fueron utilizados como especies de enriquecimiento, obteniéndose buenos resultados, pero debemos tener presente que la palta es susceptible al chiche hedionda y las plantas de cacao se infestan de fumagina.

Podas

La poda es la actividad que tiene como objetivos:

- Eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles para estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos y equilibrarlos con los puntos productivos, para conseguir una planta bien conformada y una planta productiva.
- Eliminar chupones y ramas mal dirigidas.
- Controlar altura del árbol.
- Regular la entrada de luz a los estratos inferiores.
- Eliminar ramas que dificultan las labores agrícolas.
- Facilitar la visibilidad de las mazorcas, ya sea para cosechar o para remover los frutos enfermos.

Una planta bien podada permite una mayor aireación y evita la acumulación de humedad creando condiciones desfavorables para el desarrollo de enfermedades de frutos, además refuerza la floración, el brotamiento y acelera la eliminación de infección latente de “escoba de bruja” en la planta.

Las podas deben realizarse después de la época de mayor cosecha, principalmente cuando el árbol entra en un corto reposo y cuando no existe predominio de sequía, caso contrario se tendría una gran cantidad de rebrotes y flores afectados seriamente por “escoba de bruja”. Los cortes que se hacen durante la poda deben cubrirse con alguna pasta cicatrizante, o cúpricos con el objeto de evitar la entrada de enfermedades y plagas, también puede cubrirse con pintura al óleo, no utilizar pintura esmalte ni

aceite quemado pues estos materiales contienen plomo que es tóxico para la planta.

Los restos de poda dejados debajo del cacaotero deberán picarse lo mas pequeño posible para favorecer una mayor descomposición. La poda es una práctica única y continua que se realiza desde su instalación en campo y durante toda la vida de la planta, se dan cuatro tipos de podas: 1) De formación o poda temprana que se hace en los primeros años del árbol; 2) De mantenimiento, con la poda se busca equilibrar el vigor de los árboles, a veces muy heterogéneo, debido a la diversidad genética de la mezcla de híbridos; 3) De Sanidad; 4) De rehabilitación o renovación.

Poda de formación

Esta se efectúa desde la etapa de vivero en plantas de un mes hasta que están listas para el trasplante a campo definitivo y consiste en formar el arquetipo o estructura del árbol. Se inicia la formación de la falsa horqueta dirigiendo las ramas mediante cortes y despuntes. El trabajo de poda de formación es muy delicado, las plantas al estar formadas por ramas plagiotrópicas presenta un arquetipo diferente, el cual deberá formarse orientando las ramas en forma de abanico asemejando una falsa horqueta, es importante formar un tallo principal que por lo menos tenga 80 cm. de altura.

Se efectúa el despunte de las ramas, al año de trasplante, especialmente de aquellas que se dirigen hacia arriba. Los cortes y despuntes inducen el

brotamiento y desarrollo de las yemas, lo que va a permitir el control fitosanitario y manejo de la cosecha.

Poda de mantenimiento

Cuando la planta alcanza su etapa productiva (2-3 años) los árboles deben ser sometidos a una poda ligera cada año manteniendo un buen arquetipo del árbol. Esta consiste en eliminar ramas innecesarias, plantas parásitas, ramas rotas, colgantes enfermas, remoción de material enfermo, corte de ramas altas para que la copa quede a una altura promedio de 4 metros.

Se debe cortar todos los chupones que hayan crecido en el tronco y sobre las ramas primarias, esta poda por lo regular se debe hacer una o dos veces al año cuando el árbol entra en un corto reposo, principalmente después de la recolección de mayor cosecha en épocas definidas (julio-agosto). La poda se efectúa de afuera hacia adentro de la copa y abajo hacia arriba cuidando el autosembamamiento de las ramas productivas.

La cantidad de ramas que se elimina no debe ser drástica porque las mazorcas formadas en el árbol son alimentadas por las hojas y las podas muy fuertes alteraran la producción regular.

Un error muy común en los agricultores es podar severamente los árboles de cacao, eliminando inclusive ramas gruesas, exponiendo al sol directamente la corteza delicada de la planta, disminuyendo así el área de producción

debido a que las mazorcas del cacao se obtiene en el tallo y en las ramas desarrolladas.

Los cortes deben ser liso y parejos, sin dejar tocones en los árboles y usando herramientas adecuadas (tijeras, serruchos) perfectamente afilados y no oxidados para no ocasionar desgarramiento de corteza.

La poda constituyendo un arte se necesita tener mucha paciencia, cuidado y destreza que se logra con la práctica. Una planta bien podada permite dar suficiente luz, mayor aireación, estimula la floración estimula el brotamiento y evita la acumulación de humedad que es el factor favorable para la incidencia de líquenes, algas y enfermedades.

Poda sanitaria

Los brotes terminales afectados por escoba de bruja deben cortarse a 20 cm. por debajo del inicio de hinchamiento del brote o punto de infección. Para los chancros o gomosis en tronco, los tejidos enfermos deben ser sacados gradualmente con la ayuda de una herramienta de corte (tijera y cuchilla) hasta dejar la corteza y la madera del tronco libre de manchas rojizas. Evitar retirar la escoba y cojines florales a través de la quiebra manual, estos deben ser retirados con un poco de corteza del árbol.

Los frutos enfermos atacados por moniliasis deberán ser retirados manualmente.

Es importante realizar esta práctica con la finalidad de preparar el árbol de cacao, para que brinde cada año una cosecha sana y abundante, esto se logra cuando se empieza a recolectar el material enfermo en época definidas y claves reduciendo de esta forma la fuente de inóculo. Si los árboles están altamente atacados por “escoba de bruja” es recomendable eliminar primero las ramas afectadas a y luego cortar el árbol totalmente la susceptibilidad, de una planta a la enfermedad es la principal fuente de inóculo.

Poda de rehabilitación

Elimina las partes poco productivas, innecesarias, fuentes de inóculo de los árboles para estimular así el desarrollo de nuevos crecimiento vegetativos, y equilibrarlos con los puntos productivos, para conseguir una planta bien conformada y una planta productiva (ICT, 2004).

En el Departamento de San Martín; el 15% de agricultores ha recibido alguna tipo de asistencia técnica, siendo impartida dicha asistencia técnica por las siguientes instituciones: MINAG (12%), Tierra Nueva (11%), Acción Agraria (9%), y los Proyectos Especiales del INADE, ACOPAGRO y CARITAS (15%). El ámbito de trabajo de la Cooperativa ACOPAGRO en el Huallaga central abarca Picota, Saposoa, Bellavista y Juanjuí (Comisión Especial Multipartidaria Encargada de Evaluar la problemática de las Cuencas Cocaleras del Perú, 2004).

3.12. Aspecto botánico de la jaca

3.12.1 Descripción

La Jaca (jackfruit) es la fruta de árbol cultivado más grande del mundo, alcanzando 35 kg en peso, hasta 80 cm de largo y 40 de diámetro. El exterior de la fruta es verde o amarillo cuando es maduro; el interior consiste en bulbos comestibles grandes de la carne amarilla, que incluye una semilla lisa, oval, marrón clara, puede haber 100 o hasta 500 semillas en una sola fruta. Cuando se madura, la Jaca sin estar abierta, emite un olor desagradable fuerte, asemejándose a de cebollas decaídas, mientras que la pulpa de los olores abiertos parece al de la piña y el plátano. Hay dos variedades principales, en una, las frutas tienen carpelos pequeños, fibrosos, suaves, pesados, pero muy dulces, con una textura algo relacionada con las ostras crudas, la otra variedad, es quebradiza y casi crujiente, esta forma es la más importante comercialmente y es más sabrosa al gusto occidental.

La jaca es un árbol siempre verde mediano, de hasta 27 metros de altura, con tronco de 60 o más cms. de diámetro. Se caracteriza por su tronco grisáceo, liso en árboles jóvenes y áspero en árboles maduros; su follaje verde oscuro, compuesto por hojas ovaladas, gruesas, lustrosas, con venas amarillas, cuando nuevas puntiagudas y protegidas por un par de escamas que caen cuando la hoja abre; y su fruta con la superficie cubierta por conos pequeños, como la pana de pepitas, pero amarillenta, alargada y mucho más grande. Las flores son diminutas y se agrupan en inflorescencias que surgen del tronco o de las ramas grandes. La inflorescencia masculina es pequeña, pero la femenina crece hasta convertirse en la fruta más grande producida por

árbol frutal alguno. Florece y fructifica durante todo del año. La fruta, de la cual hay más de veinte variedades, contiene muchas semillas, cada una dentro de un bulbo anaranjado cuya cubierta sabe a melón. La fruta verde se consume como el panapén y las semillas como la pana de pepitas. La fruta madura produce un fuerte olor a queso, luego de lo cual cae al suelo, se pudre y libera las semillas.

El árbol **es nativo de la India**. Se ha sembrado en los trópicos alrededor del mundo pero sólo se consume diariamente en Asia; en el sur de la India, la producción de jaca es similar a la del guineo y el mango. En América es más **popular en Brasil**, Jamaica y Surinam. Crece mejor en áreas húmedas y suelos con buen drenaje.

En Puerto Rico se siembra por su follaje atractivo y por su fruta exótica, que es consumida mayormente por inmigrantes de la India. La jaca es el árbol frutal nacional de Bangladesh.

La albura es blancuzca y se distingue fácilmente del duramen, que recién cortado es amarillo intenso, tornándose luego amarillo-dorado. La madera es de peso medio, seca con un mínimo de degradación, es fácil de trabajar y toma un excelente acabado. Tiene anillos de crecimiento y cuando se corta produce un agradable pero efímero aroma. Localmente casi no se usa porque el árbol se siembra poco, pero el color atractivo del duramen y las buenas propiedades físicas de la madera justifican que se siembre más y que la madera se use para muebles y artesanías. Esta es una de las maderas más

preciadas en Sri Lanka y en partes de la India, donde se usa para ebanistería, puertas, ventanas, artículos torneados, tallas, remos e instrumentos musicales.

Clima

El árbol no tolera sequía.

Siembra

La propagación es generalmente por medio de semillas, la germinación requiere de 3 a 8 semanas. Una planta de semillero más avanzada, con su raíz larga y delicada es muy difícil de trasplantar con éxito, las plantas de semillero injertadas son posibles.

Cosecha

Todo el año, la mayor producción es en los meses de febrero a julio. La Jaca madura de 3 a 8 meses del florecimiento, cuando se madura hay generalmente un cambio del color de la fruta de amarillo-marrón a verde ligero, después de madurar, dan vuelta a marrón y se deterioran rápidamente. Los ensayos de la conservación en cámara frigorífica indican que las frutas maduras se pueden guardar de 3 a 6 semanas.

Usos

Su principal uso es para consumo en fresco o en la cocina internacional, se hierve, se fríe, o se asa la fruta verde. Los pedazos se cocinan en agua ligeramente salada y después se sirven. La única desventaja es el látex

gomoso copioso que acumula en los utensilios y las manos, a menos que primero se frote con aceite de cocina. Las semillas se pueden también hervir o asar y se comen como castañas.

Sinónimos

Jackfruit, Jakfruit.

Nombre científico

Artocarpus heterophyllus

Fuente:

[http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/Monografias/Frutales/Jaca.html\[/url\]\)](http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/Monografias/Frutales/Jaca.html[/url]))

3.13. Aspecto botánico de la guaba

3.13.1 Identificación

Nombre científico: *Inga edulis* Mart.

Nombres comunes: Guaba (Perú); inga-cipó, rabo de mico (Brasil); guano (colombia); guammmo bejuco (Venezuela).

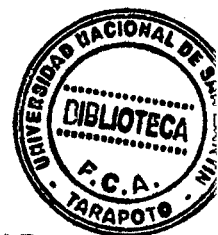
Familia: FABACEAE (Mimosoidea)

3.13.2 Distribución, ecología y suelos

Es una especie nativa de América tropical, distribuida en todos los países de la cuenca Amazónica. En el Perú, se cultiva en toda la selva.

Las condiciones ambientales adaptativas son: biotemperatura media anual máxima de 25,1°C y biotemperatura media anual mínima de 17,2°C. Promedio máximo de precipitación total por año de 3419 mm y promedio mínimo de 936

mm Altitud variable desde el nivel del mar hasta 2 000 msnm. La planta se adapta a todos los tipos de suelos existentes en la amazonia, desde los más fértiles entisoles, inceptisoles, histosoles y alfisoles, hasta los más ácidos e infértiles oxisoles, ultisoles e inclusive los espodosoles arenosos. Desarrolla bien en terrenos no inundables. Tolera hidromorfismo y período secos prolongados.



3.13.3 Descripción

Es un árbol pequeño de 8-3 m. de altura; fuste de 15-40 cm. de DAP, muy ramificado, casi desde la base y corteza externa lisa de color pardo grisáceo. Hojas compuestas, alternas, paripinnadas, con estípulos decíduas y ráquis alado pardo tometoso. Foliolos subsésiles, opuestos de 4-6 pares, con glándulas, entre los foliolos; láminas cartáceas abaxialmente pardo puberulento, elípticas a oblongo-elípticas de 3-15 cm. de largo y 1,5-8 cm. de ancho, foliolos terminales de mayor tamaño que los basales, márgenes enteros o ligeramente ondulados, ápice generalmente acuminado y base redondeada o truncada, haz y envés usualmente pubescentes, haz verde oscuro con nerviación densamente pubescente, envés verde claro con nerviación prominente muy pubescente; peciolulo pardo-tomentoso. Inflorescencias en espigas axilares o espigas paniculares terminales de hasta 7 cm. de longitud: cáliz tubular, verdoso, pentadentado; corola tubular, verdosa, pentadentado; corola tubular blanco-verdoso pentadentado; estambres numerosos. El fruto es una vaina cilíndrica indehisciente, con surcos longitudinales múltiples, de 40-120 cm. de largo y 3,5-3,7 cm. de diámetro, verde oscuro pardo-tomentoso. Semillas en número de 10-20 por

fruto, oblongas, negro a negro violáceo y cubiertas por un arilo blanco, algodonoso y dulce.

3.13.4 Utilización

Fruto

El arilo de la semilla de los frutos maduros es comestible; es pulposo, succulento y dulce. Se consume directamente al estado fresco. Se utiliza también en la preparación de refrescos, y tiene potencial en la producción de alcohol de buena calidad. Tradicionalmente, los frutos de segunda calidad son consumidos por el ganado vacuno, porcino, aviar y en piscicultura; la semilla contiene proteínas en cantidad importante, que le dan potencial como ingrediente en alimentación animal. Es un alimento preferido de la fauna silvestre, especialmente de los monos.

Otras partes de la planta La madera de árboles grandes es utilizada en construcciones rurales. El mayor uso es como leña y en la producción de carbón. Es una especie melífera, por su carácter de flores perfumadas con aroma agradable y fenología de floración casi permanente. Su crecimiento rápido, copa amplia y relativamente abierta y su capacidad de fijación de nitrógeno, le confieren ideotipo de especie de sombrío de especies comerciales umbrófilas como el café y cacao, con quienes no compiten por luz ni por nutrientes. Utilizada en recuperación de tierras degradadas, es una especie ideal por su abundante producción de biomasa y manejo bajo podas.

3.13.5 Métodos de propagación

Propagación sexual

La propagación por semilla botánica, es el método generalizado por su facilidad de manejo. Los frutos son indehiscentes y los embriones vivíparos, inician su desarrollo dentro del fruto aún cerrado.

Las semillas no germinadas de frutos maduros, tienen muy baja viabilidad, deben almacenarse inmediatamente. Las semillas extraídas se lavan cuidadosamente para eliminar el dulzón y los residuos de arilo y luego seorean bajo sombra durante una hora. Se recomienda la siembra directa en bolsas plásticas negras de 2 kg. de capacidad en substrato mezclado de tierra negra, arena y materia orgánica descompuesta en la proporción de 1:1:1.

La germinación se inicia a partir del tercer día con más del 90% de prendimiento. Aproximadamente a los 4 meses, las plantas alcanzan 30-40 cm. y están listas para el trasplante al campo definitivo. Los riegos deben ser debidamente controlados. No se dispone de información sobre propagación vegetativa.

3.13.6 Métodos de establecimiento y manejo de plantación

Agroforestería

En general el trasplante en campo definitivo debe realizarse en la época lluviosa, en hoyos de 30 x 30 x 30 cm., conteniendo substrato mezclado de materia orgánica descompuesta y tierra superficial.

Asociado como árbol de sombra con café y cacao, los espaciamientos son variables 10 x 10 m., 12 x 12 m. y hasta 15 x 15 m. Dependiendo del cultivo principal, café o cacao, el establecimiento de la guaba puede ser anticipado o simultáneo junto con las especies anuales, semiperennes y perennes.

El cultivo de guaba orientado a la producción de frutos, se adapta al sistema agroforestal sucesional. El espaciamiento recomendado es de 6 x 6 m. Se puede asociar simultáneamente con múltiples especies anuales, semiperennes y perennes. En sistema de cultivo en callejones, para el manejo por podas de la biomasa de guaba, los espaciamientos de callejones varían de 6-12 m. y están separados por dobles hileras de guabas espaciadas 25 cm. entre hileras y entre plantas en cada hilera de 50 cm. Los cultivos en los callejones son yuca (*Manihot spp.*), plátano (*Musa spp.*), piña (*Ananas comosus*), caimito (*Pouteria caimito*), carambola (*Averrhoa carambola*), palta (*Persea americana*), coco (*Cocos nucífera*), cítricos diversos; y en las dobles hileras de guaba cedro (*Cedrela odorata*) castaña (*Bertholletia excelsa*), moena (*Aniba sp.*) y caoba (*Swetenia macrophylla*), entre otros.

Los deshierbos deben ser oportunos, igual las podas de mantenimiento o las podas de manejo de biomasa.

Las plagas que consumen los frutos de los árboles son varias especies de monos y de aves. Los insectos que afectan los frutos, consumiendo el arilo y perforando las semillas y las vainas son las larvas de la mosca de la fruta

(*Anastrepha spp.*). Un comedor de hojas que defolia completamente la planta, es la larva de un lepidoptero no identificado.

El control

Químico de insectos no está desarrollado en la selva para este cultivo, ayuda el control cultural. Se ha observado en el vivero, el ataque de enfermedades fungosas, que ocasionan podredumbre en el nivel del cuello de la plántula, probablemente *Rhizoctonia spp.*; se controla preventivamente, desinfectando el suelo antes de la siembra.

3.13.7 Producción y cosecha

La fructificación se inicia a los dos años con pocos frutos y se incrementa hasta el quinto año en que la producción es comercial y puede alcanzar hasta 300 frutos. El tiempo de producción de la especie se estima en 20 años, dependiendo del manejo puede ser menor o indefinido. La fructificación ocurre de enero a diciembre y a cosecha se concentra en abril-mayo y setiembre-octubre.

Los frutos con madurez fisiológica no se desprenden de la planta. La cosecha es del árbol en pie, manualmente se recolectan los frutos bajos y los frutos elevados, trepando al árbol y con ayuda de varas provistas de ganchos de madera especialmente adaptados.

3.13.8 Conservación y valor nutritivo

El fruto es perecible, de 3-5 días después de la cosecha el fruto se deteriora. En cámaras frías, probablemente se conservan hasta 3 semanas. El valor nutritivo es bajo. El análisis químico y valor nutritivo del arilo de la guaba, se indica a continuación:

Componentes	100 g. de arilo
Energía	53,0 cal
Agua	84,9 g.
Proteína	1,0 g.
Lípidos	0,1 g.
Carbohidratos	13,6 g.
Fibra	0,8 g.
Ceniza	0,4 g.
Calcio	24,0 mg.
Fósforo	18,0 mg.
Hierro	0,4 mg.
Vitamina A (Retinol)	0,0 -
Vitamina	0,05 mg.
Riboflavina	0,10 mg.
Niacina	0,50 mg.
Vitamina C (A. ascórbico)	1,40 mg.

3.13.9 Proyección

La guaba es una especie domesticada y manejada tradicionalmente, como un gran potencial productivo en la región amazónica peruana. Tiene ventajas adaptativas a las condiciones ambientales y de suelos pobres predominantes en la región; son convenientes su porte bajo a medio al estado cultivado, rapidez de crecimiento, precocidad productiva y fructificación prolongada; es una especie de uso múltiple que suministra fruto, madera y miel y servicios

como sombra, tutor y cercos vivos y aporta biomasa bajo podas con capacidad de contribuir al mantenimiento de la fertilidad del suelo; y se dispone de un germoplasma en el medio natural, en los campos cultivados y en bancos de germoplasma de instituciones nacionales e internacionales.

Las desventajas son: Ramificación baja, frutos con escasa proporción de arilo y alta proporción de cascara y semilla; bajo desarrollo investigativo taxonómico, genético, agronómico y tecnológico de transformación, procesamiento y conservación de los frutos y del arilo.

El desarrollo del cultivo demanda priorización de investigación en selección de plantas superiores en productividad y calidad del fruto, e hibridaciones para mejorar la proporción de pulpa y calidad final del arilo. Las políticas promocionales de los gobiernos deben ser efectivas y con recursos para la factibilización de la investigación, mejora de a especie y apertura de mercados para el producto (<http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros/51/5100001a.htm>).

3.14 Aspecto botánico de la Erythrina (Allen y Allen, 1981)

3.14.1 Ubicación taxonómica y distribución del género

El género *Erythrina* pertenece al reino vegetal, división *Tracheophyta*, clase *Angiospermae*, subclase *Dicotyledoneae*, orden *Fabales*, familia *Leguminosae* (*Fabaceae*). El nombre del género *Erythrina* proviene del griego *erythros* (que significa rojo) por el color de sus flores. En él se incluyen

más de 100 especies de árboles, arbustos, hierbas y bejucos, que crecen en diferentes regiones del viejo y el nuevo mundo y se encuentran ampliamente distribuidas en los trópicos y subtrópicos. De estas, 70 especies se distribuyen en América, 32 en África, 18 en Asia y 3 en Australia.

3.14.2 Descripción botánica

Las especies del género *Erythrina* generalmente son árboles o arbustos, armados, deciduos, que presentan espinas cónicas en las ramas jóvenes y en los peciolo. Poseen hojas trifoliadas, alternas, con estípula simple en la base de los folíolos laterales y doble en la base del terminal. Presenta folíolos elípticos, deltoides o romboides, los laterales generalmente zigomorfos, el terminal más grande y simétrico. Las flores tienen cáliz acampanado, oblicuamente trunco o bilabiado; estandarte alargado, casi sésil o con una larga; alas cortas, a veces muy reducidas o nulas; quilla más corta o más larga que las alas, con sus pétalos libres o adheridos por el dorso, estambre vexilar libre o coherente con los demás que están unidos en su mitad inferior; ovario estipitado, con muchos óvulos, estilo subulado, arqueado, con una estigma terminal pequeña y casi capitulado. Las flores aparecen antes o junto con las primeras hojas o en épocas secas. Son muy vistosas, generalmente rojas, rosadas o anaranjadas, y crecen en racimos axilares o terminales.

El fruto es una legumbre estipitada, lineal u oblonga, plano-comprimida, comúnmente algo comprimida entre las semillas, bivalvada y dehiscente a lo largo de la sutura superior, o indehiscente; semillas ovoides, brillantes, de

color rojo, carmín o marrón, carmelita con contraste en negro o algunas veces blancas.

3.14.3 Hábitat y adaptación

Las especies del género *Erythrina* pueden encontrarse en un amplio rango de hábitats naturales, como son bosques abiertos, malezas, pantanos, orillas de ríos y zonas costeras. Algunas están adaptadas a regiones secas, rocosas y arenosas y otras a las montañas andinas. Especies como *E. tahitensis* (*E. sandwicensis*) se encuentran en altitudes de hasta 2 900 msnm, aunque sus plantas pueden aparecer de forma natural en altitudes de hasta 600 msnm (Allen y Allen, 1981); mientras que *E. edulis* se halla comúnmente entre 1 800 y 2 500 msnm. Las máximas altitudes para *E. fusca* y *E. poeppigiana* están consideradas entre los 1 400 y 1 700 msnm, respectivamente. Estas especies se adaptan a altas altitudes, toleran un poco las heladas y son más susceptibles a los daños ocasionados por el fuego. En América especies tales como *E. fusca* son frecuentemente encontradas en los suelos más ácidos e infértiles y prosperan en áreas encharcadas y de mal drenaje donde los árboles fijadores de nitrógeno, de rápido crecimiento, no pueden desarrollarse. En Etiopía *E. burana* aparece en un amplio rango de situaciones, incluyendo suelos superficiales, pantanosos, secos, colinas rocosas con una ligera alcalinidad (pH 7,1-7,3), arenosos o gravillosos.

3.14.4 Usos

Las especies arbóreas del género *Erythrina* son muy usadas para sombrío en café y cacao, como cerca viva debido a su fácil reproducción por estacas,

como árboles de ayuda en plantaciones de pimienta (India) y de vainilla (Puerto Rico) y como sombrío de potreros en zonas tropicales (Costa Rica). Sus hojas, por lo general, son de gran valor como abono verde.

Estas especies poseen, en muchos casos, una madera grisácea, esponjosa y liviana, fuerte pero poco durable, la cual es muy utilizada para flotadores, tablas de surf, cajas rústicas para tomate y frutas y construcción de canoas. Esta madera seca y la corteza son empleadas para la fabricación de corcho.

Este género incluye especies que tienen nódulos radicales (Allen y Allen, 1981), los cuales son formados como consecuencia de la asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*. Esta asociación les permite la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, característica altamente deseable cuando son utilizados en asociaciones forestales. Los aborígenes de distintas partes del mundo han utilizado sus semillas como narcótico, purgativo, diurético y soporífero, y en ocasiones son molidas como veneno para ratas. Todas las especies de *Erythrina* estudiadas hasta el momento tienen un efecto tóxico similar al del veneno denominado curare. Una de las características interesantes de las especies de *Erythrina* es la capacidad de su sistema fisiológico para reducir los nitratos, la cual difiere de la del resto de las plantas superiores debido a que la actividad del nitrato reductasa en estas es de 10 a 100 veces mayor y pueden usar indistintamente NADH o NADPA como donante de electrones.

3.14.5 Factores anti nutricionales

La bibliografía reciente sobre *Erythrina* contiene un total de 344 referencias (Paterson, 1994) y no menos de 97 artículos que hablan sobre los alcaloides y los usos medicinales. Sin embargo, solo un 3 % de ellos se refieren a los factores antinutricionales. Los alcaloides que han sido identificados dentro de los miembros de este género son: hypaphroina, erythroidina (Allen y Allen, 1981), erysotina erythratidina y epi-erythratidina. La presencia de alcaloides fisiológicamente activos es considerada como una característica de este género, aunque los flavonoides, dentro de los cuales se incluyen las isoflavonas auriculansis y escandenona, también han sido encontrados en algunas de las especies. Algunos de estos flavonoides han demostrado tener propiedades antifúngicas y antimicrobianas, pero sus efectos en animales mayores son desconocidos.

Todas las especies de *Erythrina* que han sido analizadas han demostrado la presencia de alcaloides, los cuales han tenido efecto en animales pequeños de laboratorio; por ejemplo, en la rana estos efectos son similares a los del curare, el cual se usa por algunas tribus indias de Sudamérica en sus flechas. Los síntomas que produce son soñolencia y parálisis muscular del cuello, las extremidades y el diafragma, y la muerte ocurre usualmente por problemas respiratorios. Los efectos tóxicos han sido producidos mediante la inyección de extractos de hojas que contienen alcaloides en el flujo sanguíneo de los animales de laboratorio. Considera poco probable que la ingestión de semillas potencialmente venenosas de *E. abyssinica* y *E. caffra* pueda tener algún efecto adverso en los humanos. Las especies más potentes en términos de

compuestos antinutricionales son *E. buchii*, *E. corralloides*, *E. cristagalli*, *E. lanata* (= *E. eggersii*), *E. macrophylla*, *E. mexicana* subespecie *occidentalis* y *E. suberosa* (Allen y Allen, 1981).

Las hojas de *E. subumbrans* son aceptadas por los conejos, aunque en menor proporción que las de otros árboles como *Leucaena leucocephala* y *Albizia falcata*. Se ha informado, sin embargo, que algunas especies de *Erythrina* pueden causar esterilidad e incluso la muerte en conejos. Por otra parte, en animales domésticos mayores no se han encontrado efectos de toxicidad.

Varias especies de *Erythrina* generalmente poseen bajos contenidos de compuestos polifenólicos solubles y lignina, y por ello se descomponen más rápidamente en el suelo que otras leguminosas tropicales como *Inga edulis* y *Cajanus cajan*. Se ha sugerido que los polifenoles se unen a los compuestos nitrogenados de las hojas para formar sustancias que son resistentes a la descomposición; esto es análogo a lo que ocurre con los taninos en el follaje de algunas especies de ramoneo, en las cuales los altos niveles de esta sustancia protegen a los compuestos nitrogenados cuando son consumidas por el ganado. El bajo nivel de polifenoles en la *Erythrina* es una característica positiva desde el punto de vista de la nutrición animal.

3.14.6 Plagas y enfermedades

En la literatura consultada no se encontró información sobre las plagas que atacan a las especies de *Erythrina*; sin embargo, señalaron la presencia de

lepidópteros (presumiblemente barrenadores del tallo) y crisomélidos en *E. poeppigiana*, sembrada en las condiciones ambientales que prevalecen en la EEPF "Indio Hatuey". Se detectó la aparición de gusanos taladradores dentro de las legumbres de esta especie (cuando efectuó una misión de colecta en la costa norte de la provincia de Villa Clara, Cuba), los cuales estaban ocasionando severos daños en las semillas formadas o en formación en muchos de los árboles muestreados.

Las enfermedades fungosas han sido informadas en toda la región tropical al menos en 15 especies de este género (tabla 1).

Enfermedad	Agente causal	Especie que afecta
Costra	<i>Elsinoe erythrinae</i> (H)	<i>Erythrina spp.</i>
Roya	<i>Dicheimia binata</i> (H) <i>Phakopsora pachyrhizi</i> (H) <i>Uredo erythrinae</i> (H)	<i>Erythrina spp.</i>
Escoba de bruja	Hongo (H)	<i>E. microptery</i> <i>E. corallodendron</i>
Mosaico de <i>Erythrina</i>	Virus (V)	<i>E. senegalensis</i>
Virus del bandeo de las venas en el cacao	Virus (V)	<i>E. lithosperma</i>
Podredumbre de la raíz	<i>Armillaria mellea</i> (H) <i>Armillaria tabascens</i> (H) <i>Botryodiplodia theobromae</i> (H) <i>Fusarium spp.</i> (H) <i>Rhizoctonia ramicola</i> (H)	<i>E. crista-galli</i> <i>E. subumbrans</i> <i>Erythrina sp.</i> <i>E. orientalis</i> <i>E. indica</i> <i>E. subumbrans</i> <i>Erythrina spp.</i>
Marchitez	<i>Fusarium solani</i> (H)	<i>E. stricta</i> <i>E. subumbrans</i>

(H) Hongo (V) Virus Fuente: Alonso, 1998.

3.14.7 Abono verde

La inclusión de árboles en los pastizales favorece el reciclaje de nutrimentos, además de mejorar la estructura y el balance hídrico del suelo. La descomposición del material arbóreo que se deposita en el suelo puede ser

rápida y una gran proporción de los residuos se incorpora en la fracción orgánica o es absorbida directamente por las especies forrajeras asociadas; el incremento del nitrógeno a través de esta vía propicia, frecuentemente, un aumento sustancial en la cantidad y composición botánica del pasto.

3.15. Aspecto botánico de la shaina: *Colubrina glandulosa* Perkins (Fuente: Ríos, G. 2006)

Nombre Científico: *Colubrina glandulosa* Perkins var. *Glandulosa*

Nombre Común: Shaina

Familia: RHAMNACEAE

Descripción botánica:

Árbol de 10 a 25 m de altura, con 16 m de altura comercial y de 10 a 50 cm de diámetro. Tronco recto y cilíndrico, a veces un poco irregular, presencia de aletas en estadio adulto. Corteza exterior marrón o gris, fisurada. Plantas juveniles con ramas muy largas y delgadas. Hojas simples, opuestas y con un par de glándulas en la base. Las plantas juveniles presentan hojas de mayor tamaño en comparación con los adultos. Flores amarillentas. Frutos en cápsulas con tres lóbulos.

Distribución y ecología

Altitud: Su distribución natural es limitada entre 600–900 msnm, esporádicamente por encima de 1000 msnm.

Suelos: No son muy exigentes de buenos suelos. En Madre de Dios que no es su ámbito natural ha alcanzado crecimientos de 2.5 m después del primer año en un suelo considerado como muy pobre.

Distribución: Especie típica de bosques secundarios, distribuida en bosques húmedo tropical y bosque húmedo Pre-montano tropical, del departamento de San Martín (Juanjui, Moyabamba, Rioja) y Huánuco, entre Monzón y Huallaga.

Formas de dispersión: Las semillas son dispersadas por la explosión de los frutos y por algunos los animales.

Fenología: Es variable de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas. La floración en Moyabamba y Tarapoto es entre Agosto y Septiembre, mientras que en Juanjui se adelanta a Julio y Agosto; de esta manera la diseminación es entre noviembre y diciembre para las dos primeras localidades, mientras que en Juanjui se realiza en noviembre. En Panamá deja caer sus hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa. Florece y fructifica de diciembre a mayo.

Propagación y manejo

Semilla: Es fácil obtener las semillas, la producción de semillas empieza a los tres años y pueden ser almacenadas 20 días sin perder su poder germinativo. Luego de un tratamiento de 6 minutos en agua caliente se logra la

germinación en 3-4 semanas. Un kg de semillas contiene alrededor de 53 000 unidades.

Silvicultura

Presenta algunas plagas y enfermedades de poca importancia que no afectan aún la supervivencia o el crecimiento. Podas y raleos: Tiene poda natural y una alta capacidad de rebrote, observándose árboles hasta de 5 fustes, lo cual le hace interesante para disminuir los costos de reposición después de la cosecha.

Usos

La madera se presta para el aserrío y su comportamiento es diverso en relación a su comportamiento al secado, en algunos casos a los pocos días de secado se deforma. Aun así es usada como madera aserrada, machihembrados, pisos, parquet, zócalos, horcones, viviendas rusticas, leña, mangos de herramientas, etc.

Componentes de las asociaciones agroforestales

La shaina tiene limitaciones como árbol de sombra en las asociaciones con el Café, se ha observado que produce efectos negativos en la vigorosidad de la planta lo que se denomina como "paloteo", aunque no se han hecho estudios de comprobación. Se le asocia con otras especies forestales como pucaquiro, pino chuncho, yanavara, pomarroza y atadijo caspi. En un sistema Agroforestal en la comunidad de San Roque, se le ha encontrado para la producción de madera asociado con: Cultivos anuales: Plátano, yuca Cultivos

permanentes: Café, cacao. Especie de Sombra: Guaba. Frutales: Naranja, marañón Igualmente en la comunidad de Aucolama-Tarapoto, junto con capirona se encuentra asociado con: Cultivos anuales: Plátano, maíz, frijol Hortalizas: Caihua, pepino. Cultivos de cobertura: Maní forrajero En la comunidad de Kechwa Lamas de Chiricyaku está asociado a: Cultivos anuales: Plátano, maíz, frijol, arroz. Cultivo permanente: Café catimor Sombra: Guaba Especies medicinales: Sanango, puca huasca En la comunidad de Urahuasha después de un raleo de una purma para instalar el café han quedado establecidas: Shaina, capirona, añallo caspi, pino chuncho, para la producción de madera, más frutales como zapote, pomarrosa, plátano y como cultivos permanentes café y cacao. En un terreno degradado en la comunidad de Rumizapa han quedado establecidos shaina, cacapana y añallo caspi como especies para madera, pero también fueron instalados: Cultivos anuales: Puspino, yuca Cultivos permanentes: Café catimor, cacao Cultivos de cobertura: Centrosema Especies de sombra: Guaba, plátano y Frutales: Mango, naranja, palto En Lamas, sobre áreas afectadas por la agricultura migratoria e incendios periódicos se utilizaron varias especies como shaina (*Colubrina glandulosa*), marupa o cacapana (*simarouba amara*), capirona (*Calycophyllum spruceanum*), ingaina (*Roupala complicata*), paliperro (*Vitex pseudolia*), pino chuncho o pashaco (*Schizolobium amazonicum*), guaba (*Inga edulis*), asociadas a café (*Coffea arabica*) y frijol de palo (*Cajanus cajan*). Los distanciamientos utilizados fueron, en el caso de las especies maderables en sistemas agroforestales en fajas de 2 filas a 4 x 4 m; mientras que la guaba se sembró a 8 x 8 m y el café a 2 x 1.5 m.

No es frecuente encontrar a shaina como componente único en sistemas agroforestales en la mayoría de los casos hay otros componentes arbóreos en el sistema. Asociado como cultivos permanentes como cítricos se le ha encontrado mayor rendimiento económico.

Mercados

El mercado actual es regional, se le ha estado utilizando como leña pero se le ha comprobado buenas aptitudes como pisos para el mercado de la construcción.

Necesidades de investigación

Es importante incidir sobre su hábito de crecimiento y calidad de sitio, es una especie originaria en el mercado de la zona de San Martín y que se ha ido introduciendo a otras regiones. Por las características favorables de la madera debería profundizarse los estudios tecnológicos para el desarrollo de productos. Estudios comparativos entre diferentes asociaciones y densidades de shaina reportan bajos rendimientos a densidades mayores a 500 árboles por ha, esto es otro aspecto a seguir estudiándose.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del lugar

El trabajo de investigación se ejecutó en la localidad (La Banda de Shilcayo), en cuatro transectos. Los transectos se instalaron en la Estación Experimental del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) en el Fundo “Juan Bernito”, ubicado a 2.5 Km. de Tarapoto, en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Sector Laguna Venecia.

Ubicación geográfica

Latitud sur	:	06° 30' 28"
Longitud oeste	:	76° 00' 18"
Altitud	:	333 m.s.n.m.m

Ubicación política

Distrito	:	Banda de Shilcayo
Provincia	:	San Martín
Departamento	:	San Martín

4.2 Materiales

4.2.1 Equipos

- GPS
- Hipsómetro
- Balanzas de 5 y 50 kg.
- Estufa

4.2.2 Herramientas

- Soga nylon
- Wincha de 3m y 50m
- Tijera de podar
- Serrucho de podar
- Rastrillo
- Rafia
- Marcos de madera: de 1m x 1m y 0.5m x 0.5m
- Plumón indeleble
- Costales de polipropileno y polietileno
- Machete
- Cilindros de 3 cm de altura y 5 cm de diámetro
- Sobre manilla
- Pala recta

4.3. Zona de estudio

4.3.1 Información general del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.)

La plantación se ha instalado en el año 2000 y tiene una edad de 12 años, tiene una extensión de 4.00 ha; el distanciamiento es de 3.00 x 3.00 m., el sistema de siembra es de tresbolillo.

- **Componentes de siembra:**

Cuadro 2: Componentes del sistema agroforestal con cacao

Componentes del sistema agroforestal	Sistema de siembra	Distanciamiento	N° de arboles	Densidad específica/ha
Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	tresbolillo	3.00X3.00	4732	1283
Guaba (<i>Inga edulis</i> L.)	cuadrado	12.00X12.00	280	70
Erytrina (<i>Erytrina poeppigiana</i>)	cuadrado	12.00X12.00	30	70
Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	cuadrado	20.00X20.00	8	25
Shaina (<i>Colubrina glandulosa</i>)	cuadrado	5.00X5.00	30	400
TOTAL			5080	1848

4.4 Metodología

Para la determinación de la cantidad de carbono proveniente de la biomasa, (inventario de especies forestales) presente en el sistema agroforestal de cacao, se evaluaron en total cuatro transectos distribuidos al azar, de muestreo de 100 m² (4 x 25 m). En estos transectos se midieron la biomasa en los diferentes depósitos: hojarascas, hierbas, arbustos (incluyendo árboles menores a 2.5 cm de diámetro) mediante la ubicación sistemática de submuestras de 1m² cada uno para las hierbas y arbustos, dentro de ellos un cuadro de 0.25 m² (0.5 x 0.5 m) para medir la hojarasca.

La biomasa de las especies mayores a 2.5 cm de diámetro se estimaron mediante el empleo de funciones alométricos especialmente calculados.

El material colectado en los cuadros de submuestras de 1 y 0.25 m² fueron analizados en los laboratorios del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) para determinar la biomasa y carbono. Los transectos fueron considerados como bloques (repeticiones). La metodología de evaluación que se utilizó fue desarrollada por el ICRAF (Centro Mundial de agroforestería) siguiendo los procedimientos del Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra (Arévalo *et al.*, 2003).

Selección de parcelas demostrativas

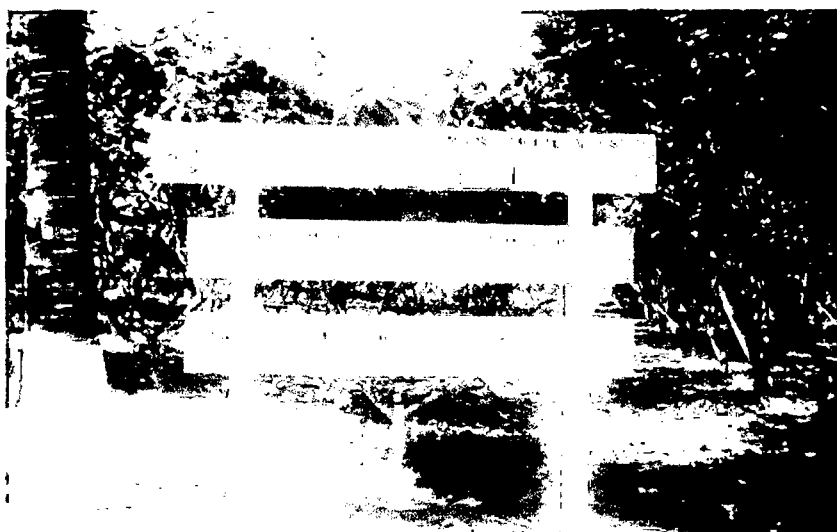


Foto 1: Fundo Juan Bernito

Trazado de transectos de 4m x 25m e inventario forestal



Foto 2: Ubicación de transectos



Foto 3: Inventario forestal

4.4.1. Biomasa arbórea viva

Es todo la biomasa (tronco, ramas, hojas) de los árboles con diámetros mayores de 2,5 cm. Para estimar el carbono secuestrado en la biomasa arbórea viva, se trazaron transectos de 4m x 25m donde se realizó el inventario forestal, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con 2,5 hasta 30 cm. de DAP. Si dentro de éstos transectos se hubiesen presentado árboles con DAP mayores de 30 cm, hubiese sido necesario trazar un nuevo transecto de 5m x100m, que se superpone sobre el transecto de 4m x 25m; en árboles que ramifican debajo del DAP se estimó su biomasa después de calcular el diámetro general del árbol, se utilizó la fórmula raíz cuadrada de la suma de los diámetros de las ramas individuales.

Para los árboles inmersos en los transectos se anotó los nombres locales, además se registró si era ramificado (R) o no (NR), el índice de densidad de

la madera de la especie (alta: 0,8; media: 0,6; baja: 0,4) y si es palmera (P) o liana (L).



Foto 4: Medición Diámetro altura de pecho (DAP)

4.4.2. Biomasa arbustiva (Bab) y herbácea (Bhb)

La biomasa arbustiva y herbácea, está compuesta por la biomasa sobre el suelo (epigea) de arbustos menores de 2,5 cm de diámetro, gramíneos y otras hierbas. La biomasa se estimó por muestreo directo en dos cuadrantes de 1m x 1m, distribuidas al azar dentro de los transectos de 4m x 25m se cortó toda la vegetación del suelo y se registró el peso fresco total por metro cuadrado; de ésta, se colectó una sub-muestra, registrando el peso fresco y luego se colocó en una bolsa de papel correctamente identificadas y se secó en estufas de aire caliente a 75°C hasta que se obtuvo peso seco constante (48 horas). El peso seco de estas biomasa se elevó a t/ha y éste valor se multiplicó por el factor de 0,45; obteniéndose así la cantidad de carbono en esta biomasa.

Biomasa Arbustiva – Herbácea



Foto 5: Colección de muestras
Arbustiva

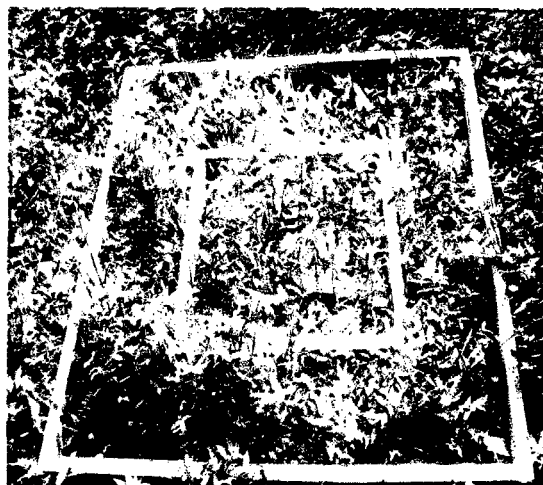


Foto 6: Colección de muestras
Herbácea



Foto 7: Colección de muestras
Arbustiva



Foto 8: Colección de muestras
Herbácea

4.4.3. Biomasa de la hojarasca (Bh)

Se cuantificó en base a la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas, ramas) en cuadrantes de 0.5m x 0.5m colocados dentro de cada uno de los cuadrantes de 1m x 1 m. Se colocó toda la hojarasca, se registró el peso fresco total por 0.25m², de ésta se sacó una sub - muestra y

se registró su peso, se colocó en bolsas de papel debidamente codificados y se secó en estufa a 75°C hasta obtener peso seco constante (48 horas). Este peso seco se llevó a t/ha y se multiplicó por el factor de 0.45 para obtener la cantidad de C/ha en la hojarasca.



Foto 09: Colección de muestra de hojarasca



Foto 10: Colección muestra fresco

4.4.4. Biomasa de árboles caídos muertos

Al igual que el caso anterior, se midieron los árboles caídos muertos en los transectos de 4m x 25m, se registró el diámetro promedio, proveniente de dos medidas en el tronco caído y la longitud del árbol dentro de la misma. Si el árbol hubiese atravesado el transecto, sólo se registraba la longitud de la parte comprendida dentro de ella.

Biomasa de árboles caídos muertos

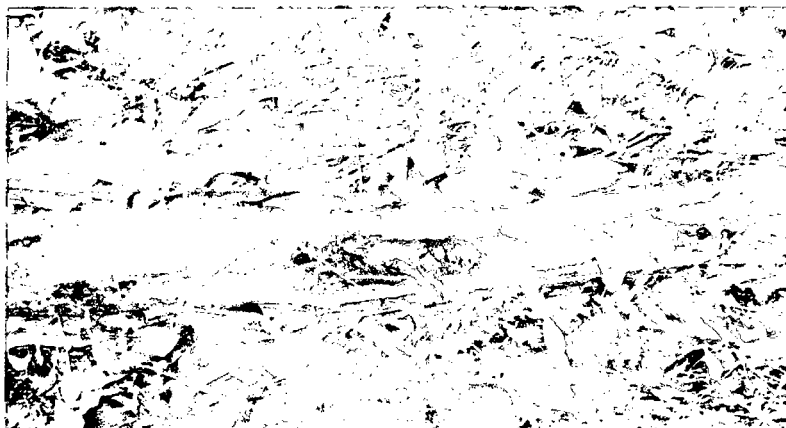


Foto 11: Árboles caídos muertos

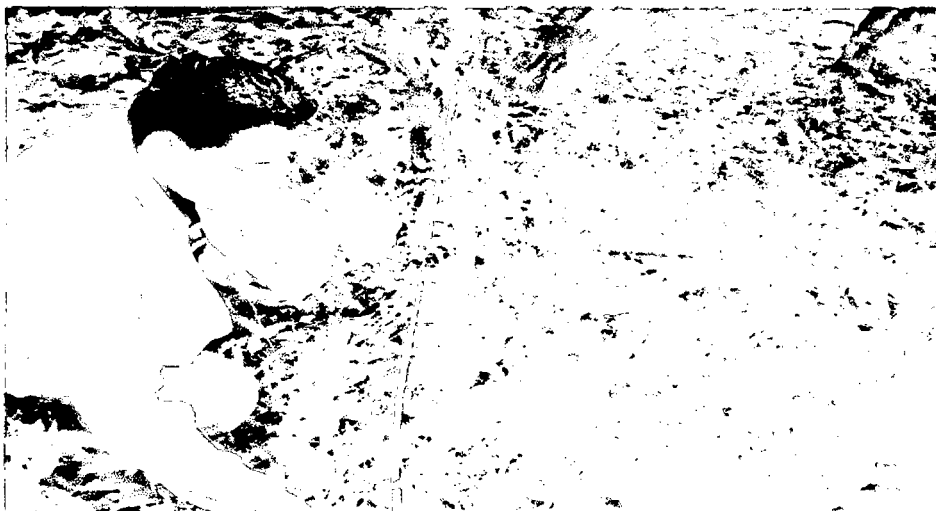


Foto 12: Medición del Tronco



Foto 13: Diámetro del Tronco

4.4.5. Muestreo de suelos y medición de densidad aparente

En los cuadrantes señalados para el muestreo de biomasa herbácea, se hicieron calicatas o huecos de 1m de profundidad. De manera general, se definió horizontes o capas entre: 0 – 0,1m; 0,1 – 0,2m; 0,2 – 0,4m y 0,4 – 1,0m. En cada uno de estos horizontes, se utilizó cilindros de volumen conocido, se estimó la densidad aparente del suelo, que es el peso seco de un volumen determinado de suelo expresado en gramos por centímetro cúbico (g/cc).

Por cada horizonte se tomó una muestra de 500 gr en promedio, correctamente identificadas y enviadas al laboratorio para la cuantificación de carbono total, también se realizó los análisis complementarios de textura, Materia Orgánica, pH, entre otros; lo cual permitirá hacer las correcciones respectivas para cada caso.

Muestreo de suelos y medición de densidad aparente



Foto 14: Apertura de calicatas

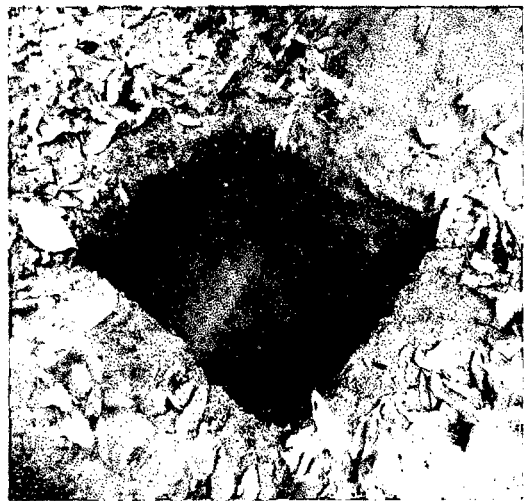


Foto 15: Calicata concluida



Foto 16: Densidad Aparente



Foto 17: Muestreo de suelos



Foto 18: Muestras de Suelo en la estufa a 105°C /3 días



Foto 19: Peso Seco de las muestras de suelo

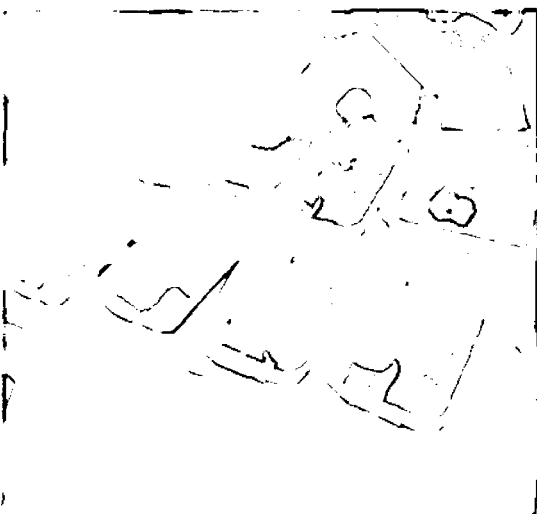


Foto 20: Muestras de suelos

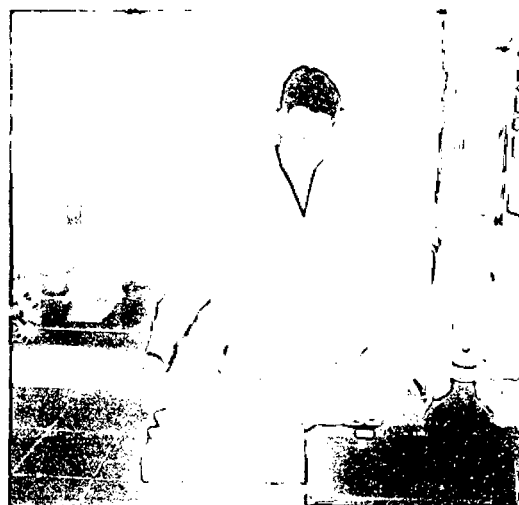


Foto 21: Determinación de carbono Orgánico

4.5. Cálculos

4.5.1. Calculo de la Biomasa Vegetal Total (t/ha)

$$\text{BVT (t/ha)} = (\text{BAVT} + \text{BTAMP} + \text{BTACM} + \text{BAH} + \text{Bh})$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total

BAVT = Biomasa total árboles vivos

BTAMP = Biomasa total árboles muertos en pie

BTACM = Biomasa total árboles caídos

BAH = Biomasa arbustiva y herbácea

Bh = Biomasa de la hojarasca

Comprende a su vez los siguientes cálculos:

1. Biomasa arbórea viva (kg/árbol)

Para efectos de utilizar esta metodología, se calculó la biomasa de cada uno de los árboles vivos y árboles muertos en pie, utilizando el siguiente modelo:

$$\text{BA} = 0,1184 \text{ DAP}^{2,53}$$

Donde,

BA = Biomasa de árboles vivos y árboles muertos en pie

0,1184 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

2,53 = Constante exponencial

Ejemplo:

$$\text{BA} = 0.1184 (13.50)^{2.53}$$

$$\text{BA} = 85.72$$

1.1. Biomasa arbórea viva (t/ha)

Para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumó la biomasa de todos los árboles medidos y registrados (BTAV) en los transectos de 4m x 25m, es decir:

$$\text{BAVT (t/ha)} = \text{BTAV} * 0,1$$

Donde,

BAVT = Biomasa árboles vivos en t/ha

BTAV = Biomasa total en los transectos de 4m X 25m

0,1 = factor de conversión cuando el transecto es de 4m x 25m

Ejemplo:

$$\text{BTAV} = 107.24 + 107.46 + 103.32 + 95.75$$

$$\text{BTAV} = 413.76 \times 0.1$$

$$\text{BAVT (t/ha)} = 41.38$$

2. Biomasa de árboles muertos en pie (kg/árbol)

Para estimar la biomasa se utilizó la misma fórmula que para estimar la biomasa de los árboles vivos, es decir:

$$\text{BAMP} = 0,1184 \text{ DAP}^{2,53}$$

Donde,

BAMP = Biomasa de árboles muertos en pie

0,1184 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

2,53 = Constante exponencial

Ejemplo:

$$\text{BA} = 0.1184 (13.50)^{2.53}$$

$$\text{BA} = 85.72$$

2.1. Biomasa de árboles muertos en pie (t/ha)

Para calcular la biomasa de este componente en t/ha, se sumó la biomasa de todos los árboles muertos en pie evaluados (BAMP) en los transectos de 4m X 25m:

$$\text{BTAMP (t/ha)} = \text{BAMPP} * 0,1$$

Donde,

BTAMP = Biomasa total de árboles muertos en pie en t/ha.

BAMPP = Biomasa de árboles muertos en pie dentro de transectos.

0,1 = factor de conversión cuando el transecto es de 4m x 25m

Ejemplo:

$$\text{BAMP} = 107.24 + 107.46 + 103.32 + 95.75$$

$$\text{BTAV} = 413.76 \times 0.1$$

$$\text{BAVT (t/ha)} = 41.38$$

3. Para árboles caídos muertos

Para estimar esta biomasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{BAMC (kg/árbol)} = 0,4 \text{ DP}^2 \text{ L } 0,25 \pi$$

Donde,

BAMC = Biomasa de árboles muertos caídos

0,4 = Densidad (valor asumido por conversión)

DP = Diámetro promedio

L = Longitud

0,25 = Constante

π = pi, constante (3,1416)

Ejemplo:

$$\text{BAMC (kg/árbol)} = 0.4 (13.5)^2 \times 2 \times 0.25 \times 3.1416$$

$$\text{BAMC (kg/árbol)} = 114.51$$

3.1. Biomasa árboles caídos muertos (t/ha)

Para realizar los cálculos en base a t/ha se necesitó sumar la biomasa de todos los árboles caídos muertos (BACMP) evaluados en transectos de 4m X 25m:

$$\text{BTACM (t/ha)} = \text{BACMP} * 0,1$$

Donde,

BTACM = Biomasa total de árboles caídos muertos en t/ha.

BACMP = Biomasa de árboles caídos muertos dentro del transecto.

0,1 = factor de conversión cuando el transecto es de 4m x 25m.

Ejemplo:

$$\text{BACMP} = 107.24 + 107.46 + 103.32 + 95.75$$

$$\text{BTACM (t/ha)} = 413.76 * 0.1$$

$$\text{BTACM (t/ha)} = 41.38$$

4. Cálculos de la biomasa arbustiva/herbácea (t/ha)

Para estimar esta biomasa en t/ha, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{BAH (t/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) * \text{PFT}) * 10$$

Donde,

BAH = Biomasa arbustiva/herbácea, materia seca

PSM = Peso seco de la muestra colectada (gr.)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (gr.)

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (Kg.)

10 = Factor de conversión

Ejemplo:

PSM= 364.68

PFM= 397.75

PFT= 0.40

BAH (t/ha) = ((364.68/397.75)* 0.40)*10

BAH (t/ha) =3.65

5. Cálculos de la biomasa de hojarasca (t/ha)

Para estimar la biomasa en t/ha, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Bh (t/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) * \text{PFT}) * 40$$

Donde,

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM = Peso seco de la muestra colectada (gr.)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (gr)

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (Kg.)

40 = Factor de conversión

Ejemplo:

PSM= 364.68

PFM= 397.75

PFT= 0.40

BH (t/ha) = ((364.68/397.75)* 0.40)*40

BH (t/ha) =14.58

4.5.2. Cálculo del Peso del Volumen del Suelo (t/ha)

Para calcular el peso del volumen del suelo por hectárea, se evaluó primero la densidad aparente del suelo por cada uno de los horizontes evaluados.

Comprende a su vez los siguientes cálculos:

1. Cálculo de la densidad aparente (g/cc)

$$DA \text{ (g/cc)} = PSN / VCH$$

Donde,

DA (g/cc) = Densidad Aparente

PSN = Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH = Volumen del cilindro (constante)

Ejemplo:

PSN= 364.68

VCH= 397.75

DA (g/cc) = 364.68/397.75

DA (g/cc) = 0.92

2. Cálculo del peso del volumen de suelo por horizonte en muestreo.

$$PVs \text{ (t/ha)} = DA * Ps * 10000$$

Donde,

PVs (t/ha) = Peso del volumen del suelo

DA = Densidad Aparente

Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo

10000 = Constante

Ejemplo:

DA=1.50

Ps=10

$$\text{PVs (t/ha)} = 1.50 \times 10^5 \times 10000$$

$$\text{PVs (t/ha)} = 150000$$

4.5.3. Cálculo del carbono total

$$\text{CT (t/ha)} = \text{CBV} + \text{CS}$$

Donde,

CT (t/ha) = Carbono Total

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total

CS = Carbono en el suelo

Ejemplo:

$$\text{CBV} = 100$$

$$\text{CS} = 50$$

$$\text{CT (t/ha)} = 100 + 50$$

$$\text{CS (t/ha)} = 150$$

1. Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total (t/ha)

$$\text{CBV (t/ha)} = \text{BVT} \times 0,45$$

Donde,

CBV (t/ha) = Carbono en la biomasa vegetal

BVT = Biomasa vegetal total

0,45 = Constante

Ejemplo:

$$\text{BVT} = 300$$

$$\text{CBV (t/ha)} = 300 \times 0,45$$

$$\text{CBV (t/ha)} = 135$$

2. Cálculo del carbono en el suelo (t/ha)

$$\text{CS (t/ha)} = (\text{PVs} * \%C)/100$$

Donde,

CS (t/ha) = Carbono en el suelo, en t/ha

PVs = peso del volumen de suelo

%C = Resultados porcentaje de C analizados en el laboratorio.

100 = Factor de conversión

Ejemplo:

PVs=15000

%C=1.10

CS (t/ha) = (15000 * 1.10)/100

CS (t/ha) =165

4.5. Análisis estadístico

Para el desarrollo del trabajo de investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cuatro repeticiones (bloques) para cada horizonte de suelo, donde se evaluó la cantidad de materia orgánica, % de carbono orgánico (CO) y C total en el suelo. La evaluación de los estratos florísticos se hizo las medidas de los diferentes componentes de biomasa (Biomasa en t.ha⁻¹ árboles caídos muertos, Biomasa en t.ha⁻¹ en arbóreas vivas, Biomasa en t.ha⁻¹ en la hojarasca y Biomasa en t.ha⁻¹ en arbustivas/herbáceas) y se procesó empleando las herramientas de la estadística; para esto se realizó una estadística descriptiva y comparativa mediante gráficos y barras por tratarse de una tesis de observación, y no de

experimentación, pues no se contó con “controles” ni sistemas de uso de tierras homogéneas comparables con un blanco o control.

Cuadro 2: Estratos de la biomasa aérea en estudio

ESTRATO	DESCRIPCION
1	Biomasa en t.ha ⁻¹ árboles caídos muertos transectos de 4 x 25 m.
2	Biomasa en t.ha ⁻¹ en arbóreas vivas transectos 4 x 25 m.
3	Biomasa en t.ha ⁻¹ en la hojarasca cuadrantes de 0.5 x 0.5 m.
4	Biomasa en t.ha ⁻¹ en arbustivas/herbáceas cuadrantes 1 x 1 m.

Cuadro 3: Estrato de biomasa del suelo en estudio

TRANSECTO	CALICATA	PROF. Cm	EVALUACIÓN
I	1	0-10	Cantidad de Materia Orgánica (MO) % Carbono orgánico (CO) Carbono total en el suelo
		10-20	
		20-40	
		40-100	
II	2	0-10	Cantidad de Materia Orgánica (MO) % Carbono orgánico (CO) Carbono total en el suelo
		10-20	
		20-40	
		40-100	
III	3	0-10	Cantidad de Materia Orgánica (MO) % Carbono orgánico (CO) Carbono total en el suelo
		10-20	
		20-40	
		40-100	
IV	4	0-10	Cantidad de Materia Orgánica (MO) % Carbono orgánico (CO) Carbono total en el suelo
		10-20	
		20-40	
		40-100	

V. RESULTADOS

5.1. Biomasa y contenido de carbono en la biomasa aérea expresado en t.ha^{-1}

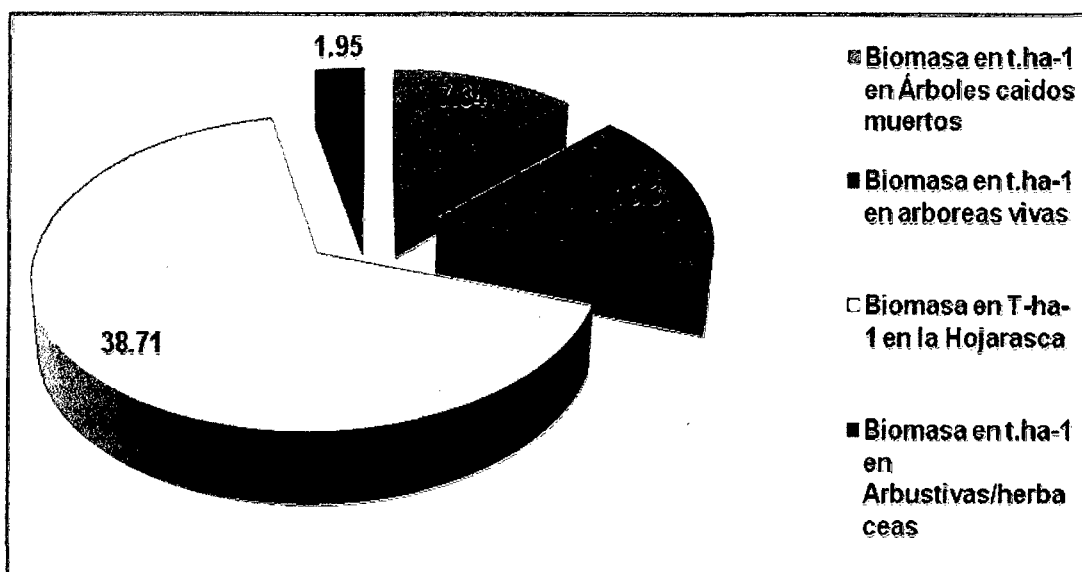


Gráfico 3: Biomasa vegetal en los diferentes estratos de la biomasa aérea expresada en t.ha^{-1}

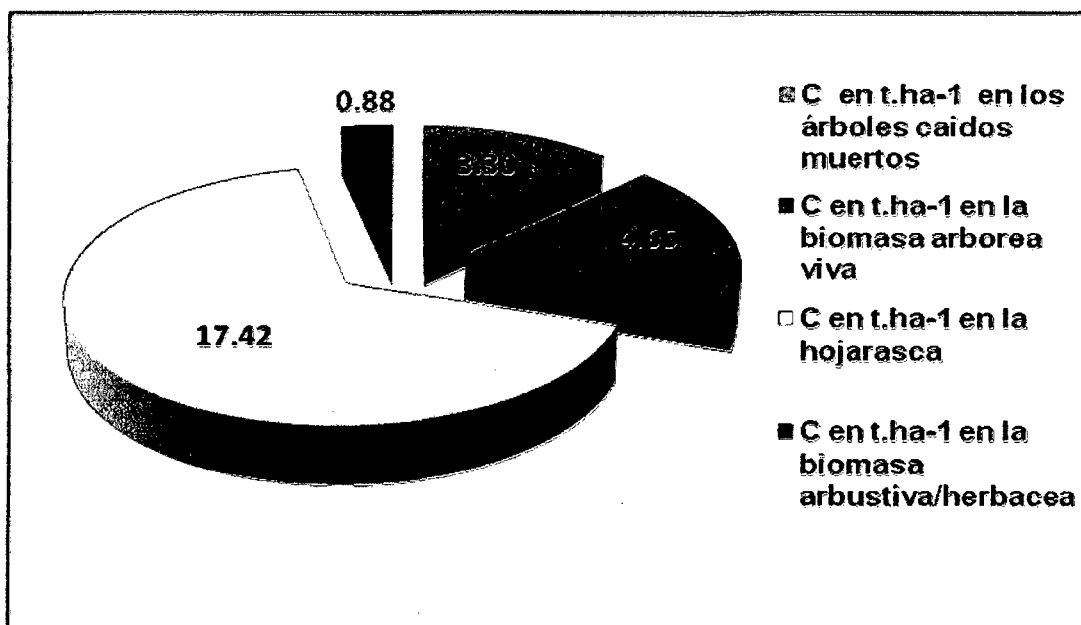


Gráfico 4: Contenido de carbono en los diferentes estratos de la biomasa aérea expresado en t.ha^{-1}

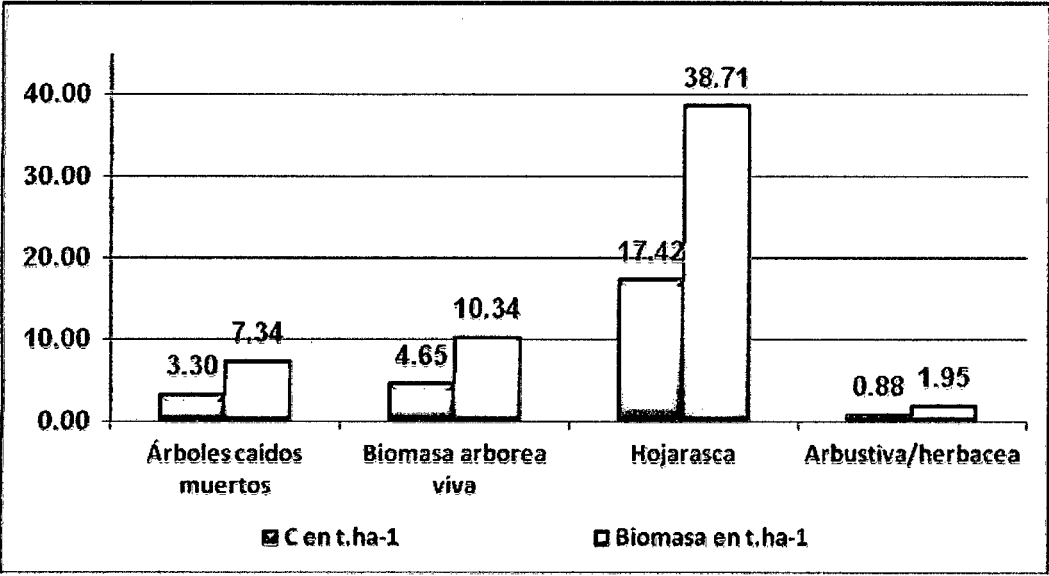


Gráfico 5: Biomasa aérea Vs contenido de carbono en los diferentes estratos de la biomasa aérea expresado en t.ha⁻¹

5.2. Contenido de materia orgánica, Carbono orgánico y carbono en el suelo

Cuadro 1: Análisis de varianza para el porcentaje de materia orgánica en el suelo (datos transformados por \sqrt{x}).

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	P-valor
Repeticiones	0.003	3	0.001	0.637	0.610
Tratamientos	0.938	3	0.313	211.541	0.000 **
Error	0.013	9	0.001		
Total	0.954	15			
$R^2 = 98.6\%$ C.V. = 3.23% Desv. Standard = 0.0317 Promedio=0,977					

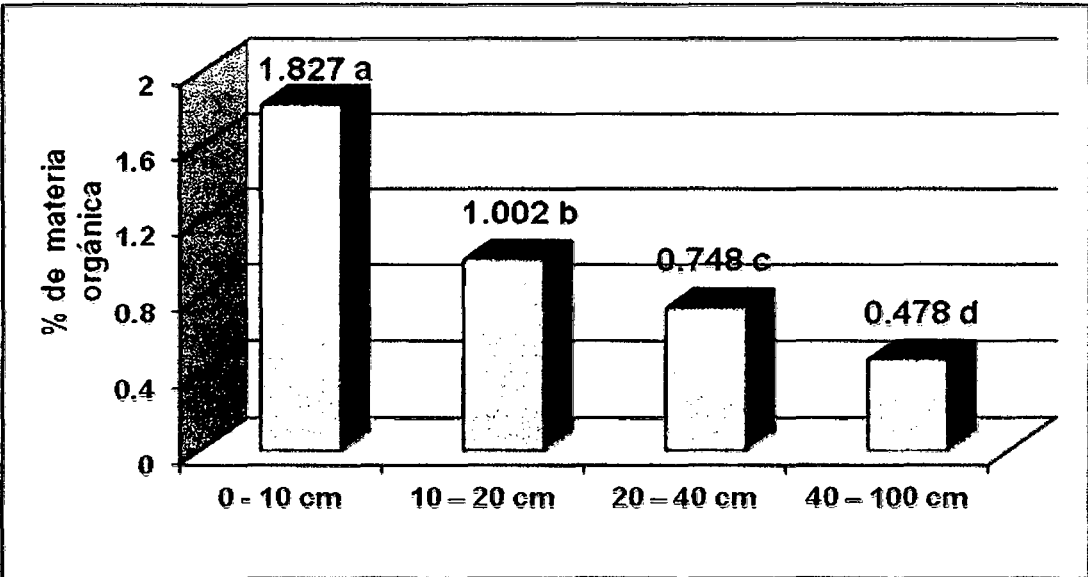


Gráfico 6: Prueba de Duncan para el promedio de % de materia orgánica por tratamiento (horizonte)

Cuadro 2: Análisis de varianza para el porcentaje de Carbono orgánico (datos transformados por \sqrt{x})

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	P-valor
Repeticiones	0.004	3	0.001	1.064	0.412
Tratamientos	0.575	3	0.192	170.278	0.000 **
Error	0.010	9	0.001		
Total	0.588	15			
R ² = 98.3% C.V.= 4.23% Desv. Standard = 0,0316 Promedio=0,74725					

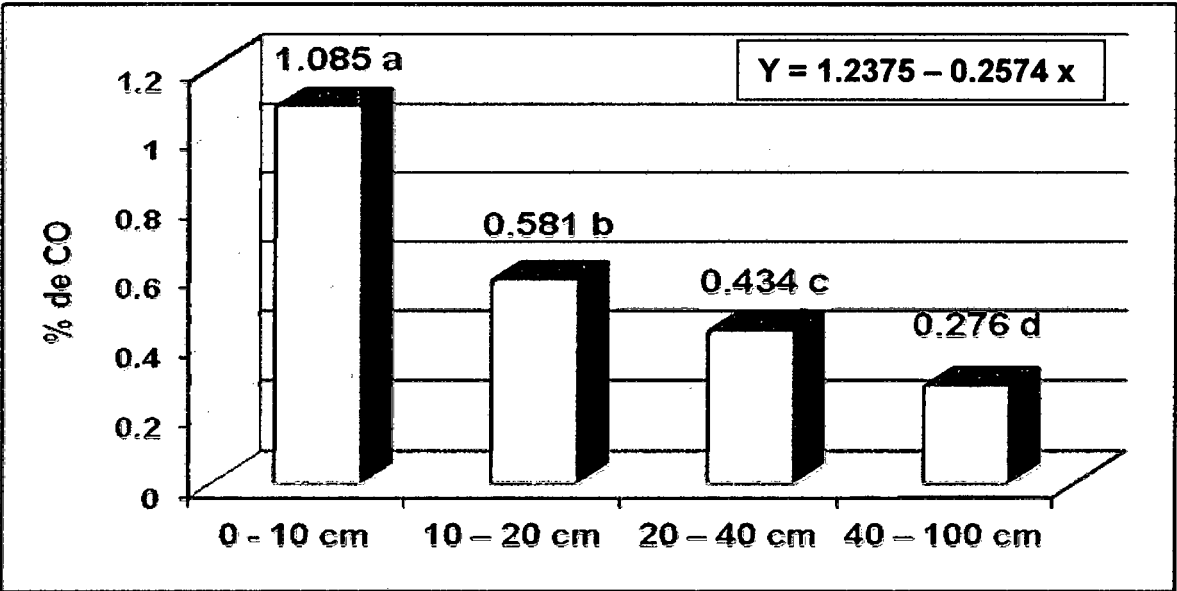


Gráfico 7: Prueba de Duncan para el promedio de % de Carbono orgánico por tratamiento (horizonte)

Cuadro 3: Análisis de varianza para el contenido de Carbono en el suelo

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	P-valor
Repeticiones	2.795	3	0.932	0.405	0.753
Tratamientos	526.430	3	175.477	76.234	0.000 **
Error	20.716	9	2.302		
Total	549.941	15			
R ² = 96.2% C.V.= 10.39% Desv. Standard = 1,52 Promedio=14.59					

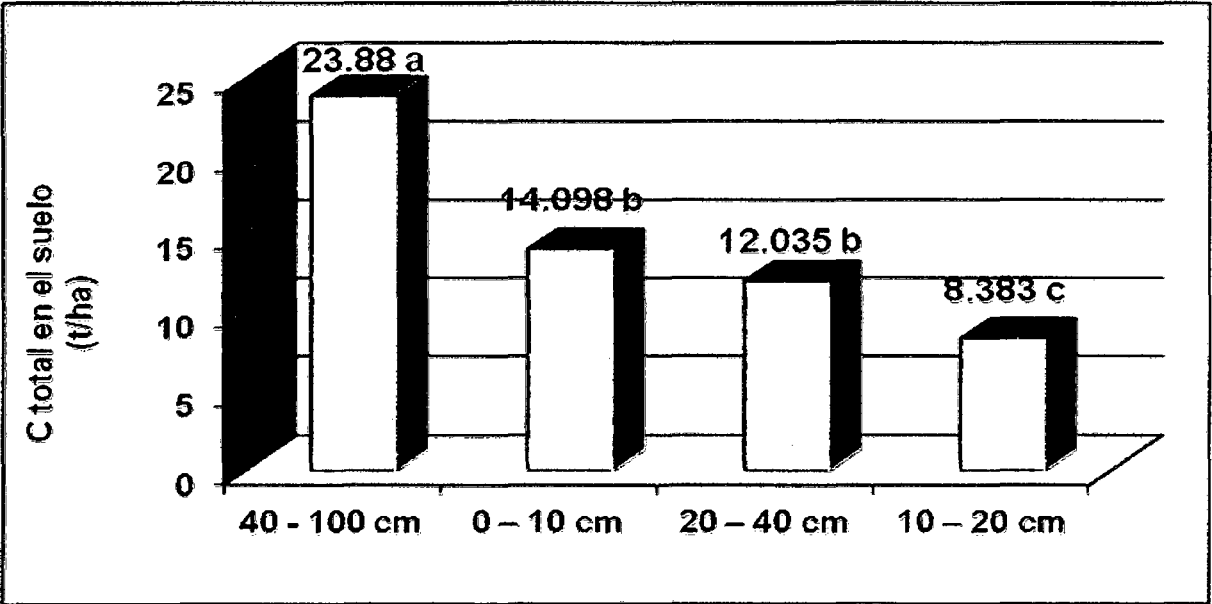


Gráfico 8: Prueba de Duncan para el promedio de C total en el suelo por tratamiento (horizonte)

5.3. Carbono total en la Biomasa aérea Vs. carbono total en el suelo expresado en t.ha⁻¹.

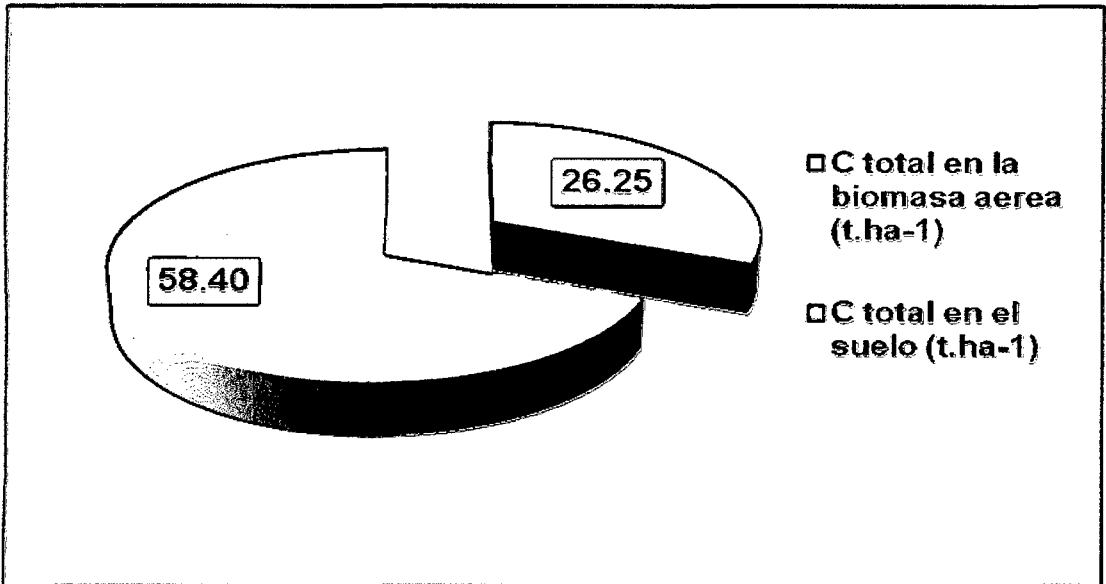


Gráfico 9: Contenido de carbono en la biomasa aérea Vs. el contenido de carbono en el suelo (t.ha⁻¹)

VI. DISCUSIONES

6.1. De la biomasa y contenido de carbono en la biomasa aérea expresado en tn.ha^{-1}

El gráfico 3, muestra en contenido de biomasa vegetal en los diferentes estratos aéreos (árboles caídos muertos, vegetación arbórea viva, hojarasca y especies arbustivas y herbáceas). Según Gallusser (2007), agroforestería son los sistemas y tecnologías de uso del suelo en los cuales el manejo de especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) está asociado con cultivos agrícolas o producción animal en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal (Nair, 1983).

Observándose que el mayor contenido de biomasa se encuentra en la hojarasca con 38.71 t.ha^{-1} , seguido de las especies arbóreas vivas con 10.34 t.ha^{-1} , los árboles caídos muertos con 7.34 t.ha^{-1} y arbustivas/herbáceas con 1.95 t.ha^{-1} respectivamente. Del contenido total promedio de biomasa aérea (58.54 t.ha^{-1}) encontrado en el sistema agroforestal con cacao, el 66.12% se encontró en la hojarasca por efecto de abscisión de las hojas del cacao, 17.66% las especies arbóreas vivas, 12.54% en árboles caídos muertos y 3,33% en las especies arbustivas y herbáceas encontradas en el sistema. Los sistemas agroforestales serán siempre las modalidades de uso de la tierra que aseguren un mayor proceso de captura de carbono por su dinámica de crecimiento, desarrollo y aprovechamiento (Larrea, 2007).

El gráfico 4, muestra en contenido de carbono en t.ha^{-1} en los diferentes estratos de la biomasa aérea. Se resalta la relación similar con el contenido de biomasa, donde el mayor contenido de carbono se encuentra en la hojarasca con 17.42 tn.ha^{-1} , seguido de las especies arbóreas vivas con 4.65 t.ha^{-1} , los árboles caídos muertos con 3.30 tn.ha^{-1} y arbustivas/herbáceas con 0.88 tn.ha^{-1} respectivamente y considerando el promedio del 100% del contenido de carbono que es de 26.25 tn.ha^{-1} , la relación porcentual es de 66.36% para la hojarasca, 17.74% para la biomasa arbórea viva, 12.57% para los árboles caídos muertos y 3.35% para la biomasa arbustiva/herbácea respectivamente similar a la relación existente al contenido de la biomasa en tn.ha^{-1} en los diferentes estratos, tal como se puede observar en el gráfico 5. El CATIE (2008), afirma que, los sistemas agroforestales pueden fijar y almacenar entre 12 y 228 tn.ha^{-1} de Carbono, incluyendo el carbono orgánico del suelo, lo cual representa entre el 20 y 46% del carbono secuestrado en bosques primarios. En relación a reservas de carbono encontradas en la biomasa aérea de diferentes sistemas de uso de la tierra, se cuenta con la tesis de Lapeyre, (2004); quien realizó su evaluación en San Martín, entre dichos sistemas, evaluó un sistema de cacao en la localidad de Cachiyacu, cerca al río Cumbaza, en la ciudad de Tarapoto, la edad promedio del sistema fue de 15 años, con especies de sombra de edades entre 15 y 20 años, como lo son la guaba (*Inga edulis*), pumaquiro (*Simira sp*), bolaina blanca (*Guazuma crinita*), bolaina negra (*Guazuma ulmifolia*), shimbillo blanco (*Inga sp*), el cacao presentó un distanciamiento del 4X 4 metros, dicho sistema acumulo una reserva de 47 t C/ha , los cuales arrojaron valores superiores a los sistemas agrícolas que evaluó (arroz, maíz, pastos, café – guaba). El flujo encontrado

para este sistema de cacao fue de 3.15 t C/ha / año, valor muy cercano al promedio de los flujos encontrados en la presente tesis, que fue de 3.63 t C/ha/año. Por otro lado, Alegre *et al.*, (2001), determinó que el sistema de 20 años de cacao localizado en Pucallpa fijó 200 t C /ha. Con un flujo encontrado de 2.3 t C /ha /año, valor inferior al promedio de los flujos encontrados en la presente tesis, 3.63 t C/ha/año. En tal sentido los sistemas de cacao con especies forestales maderables y frutales, presentaron una mayor acumulación de carbono almacenado en la biomasa aérea arbórea, a su vez dichas sombras permanentes favorecen de manera constante la presencia de abundante hojarasca, funcionando como principal agente de reciclaje, conservación del suelo y excelente controlador de maleza.

Estos resultados nos indican que la biomasa y el contenido de carbono en la biomasa aérea en el sistema agroforestal evaluado en la hojarasca representan un estrato de mayor acumulación de biomasa con valores de 38.71 t.ha⁻¹ lo que hace una acumulación de carbono de 17.42 t.ha⁻¹. En una secuencia lógica la acumulación de carbono el mayor contenido se encontró en la biomasa de la hojarasca, seguida de la biomasa de árboles vivos, biomasa de árboles caídos muertos y en biomasa de arbustivas/herbáceas; en promedio de carbono con 17.42 t.ha⁻¹, 4.65 t.ha⁻¹, 3.30 t.ha⁻¹ y 0.88 t.ha⁻¹ respectivamente.

6.2. Del contenido de materia orgánica, CO y carbono en el suelo

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de materia orgánica, porcentaje de CO y contenido de carbono en el suelo (gráficos 1,2 y 3) muestran resultados altamente significativos para el efecto de los tratamientos

(estratos de suelo). Así mismo, los valores del R^2 con 98.6%, 98.3% y 96.2% para el porcentaje de materia orgánica, porcentaje de CO y contenido de carbono en el suelo respectivamente, definen que las variables evaluadas explican de sobremanera los efectos de los tratamientos estudiados. Los valores del C.V. con 3.23%, 4.23% y 10.39% respectivamente y no implican mayores discusiones debido a que los valores de dispersión se encuentran enmarcados dentro del límite permisible para trabajos en campo, corroborado por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 0.05, para el promedio del porcentaje de materia orgánica y para el porcentaje de CO (gráficos 6 y 7) respectivamente, definen una relación inversa de los contenidos promedios obtenidos en materia orgánica y CO en función de la profundidad, la cual implica valores de regresión de -0.401 y -0.2474 para el % de materia orgánica y el % de CO en el suelo respectivamente. Sin embargo, esta relación no guarda concordancia con el C en el suelo a mayor profundidad (40 a 100 cm), debido a que el cálculo se ha realizado considerando un mayor volumen de suelo por hectárea, tomando como espesor del volumen a 60 cm y lo que implicó en un mayor valor de Carbono total (23.88 t.ha⁻¹).

Lapeyre (2004), determinó las reservas en en sistemas agroforestales (café (*Coffea arabica*) bajo sombra y cacao (*Theobroma cacao* L.), estableciendo al azar cinco transectos donde se evaluó la biomasa arbórea; dentro de éstos transectos se establecieron cuadrantes también al azar para cuantificar la biomasa herbácea y la biomasa de hojarasca. Los sistemas agroforestales

presentaron 19 y 47 t C/ha, dependiendo de la cantidad de especies forestales, tipo de cultivo, edad y tipo de suelo; sistemas que si bien no llegan a tener las reservas de carbono de los sistemas boscosos naturales, ayudan a recuperar el potencial de captura en forma productiva, ya que los sistemas agrícolas puros no llegan a capturar ni 5 t C/ha, además los sistemas agrícolas pueden generar fugas de gases efecto invernadero (GEI) cuando se usan agroquímicos y quema de rastrojos, entre otros.

El gráfico 8, nos muestra el carbono total en el suelo por horizontes y donde se puede apreciar, no existe una secuencia lógica del contenido de carbono por horizonte en relación al % de CO₂ y % de M.O. y esto se explica porque los cálculos fueron realizados en función al volumen de cada horizonte, determinándose así que el tratamiento (horizonte) entre 40 y 100 cm con un volumen de 28,129.48 m³ arrojó un contenido de 23.88 tn.ha⁻¹ de C, seguido del horizonte entre 0 y 10 cm con un volumen de 4,244.27 m³ con 14.098 tn.ha⁻¹ de C, el horizonte entre 20 y 40 cm con un volumen de 9,038.83 m³ con 12.035 tn.ha⁻¹ de C y el horizonte entre 10 y 20 cm con un volumen de 4,633.90 m³ con un promedio de 8.383 tn.ha⁻¹ de C total en el suelo respectivamente.

Los resultados obtenidos del contenido de materia orgánica, carbono orgánico y carbono en el suelo en el sistema agroforestal evaluado el % de materia orgánica el horizonte de 0-10 cm representa el mayor contenido de % de materia orgánica, seguida del horizonte de 10-20 cm, horizonte de 20-40 cm y 40-100 cm con promedios de 1.827, 1.002, 0.748 y 0.478 respectivamente. Para el % de carbono orgánico se obtuvo también la mayor concentración en

el horizonte de 0-10 cm, seguida de 10-20 cm, horizonte 20-40 cm y horizonte 40-100 cm con promedios de 1.085, 0.581, 0.434 y 0.276. En lo que respecta al carbono total en el suelo por tratamientos se obtuvo mayor acumulación en el horizonte 40-100 cm, seguida del horizonte 0-10 cm, 20-40 cm y 10-20 cm con promedios de 23.88, 14.098, 12.035 y 8.383 expresada en t.ha⁻¹. Estos resultados nos indican, no existe una secuencia lógica del contenido de carbono por horizonte en relación al % de CO y % de M.O. puesto que el horizonte de 40 a 100 cm de profundidad define un mayor volumen de horizonte superior a los demás y el cual implicó mayores contenidos de C. Además La formación de complejos establecidos entre el carbono y la fase mineral del suelo depende del contenido de arcillas en el suelo. Los suelos arenosos carecen de la capacidad de absorción por su estructura atómica y es posible lograr la absorción y estabilización del carbono en ellos, pero los suelos en su mayoría arcillosos tienen una capacidad determinante en la absorción del carbono. (*Schimel, 1998 y Oren, 2001*). Consultado por: Larrea C. 2007. Corroborando con los resultados de análisis de suelos obtenidos en la parcela de cacao del Fundo Juan Bernito donde hubo predominancia de suelos de textura arcillosa en profundidades de 40-100 cm.

6.3. De la relación entre el carbono total en la biomasa aérea Vs. carbono total en el suelo expresado en t.ha⁻¹

Considerando un promedio de 84.65 t.ha⁻¹ como el 100% de carbono total en el sistema agroforestal con cacao; el 67.40% (58.40 t.ha⁻¹) se encuentra presente en el suelo hasta una profundidad de 100 cm y el 32.6% (26.25 t.ha⁻¹) en la biomasa aérea, tal como se puede observar en el gráfico 9.

Larrea (2007), evaluó 7 sistemas de uso de la tierra con cacao en el ámbito de la provincia de Mariscal Cáceres, región de San Martín (Villaprado, Pajarillo, Juanjui y Pachiza). Cada uno de los sistemas estuvo provisto de diferentes sombras, tres de 3 años, dos de 6 años y dos de 8 años de edad del cultivo principal es el cacao, determinando que las reservas de carbono en el sistema cacao (3años) , capirona y guaba (6 años) arrojó 4.84 tn.ha^{-1} en la hojarasca y 14.49 tn.ha^{-1} de C total en la biomasa vegetal; el sistema de cacao (3 años), guaba y palta (5 años) 24.71 tn.ha^{-1} en la hojarasca y 18.99 tn.ha^{-1} de C total; el sistema Cacao (3 años), guaba y guanábana (6 años) 2.35 tn.ha^{-1} y 11.43 tn.ha^{-1} de C total; el sistema Cacao (6 años) 8.41 tn.ha^{-1} y 5.95 tn.ha^{-1} de C total; el sistema Cacao (6 años), capirona y bolaina (7 años) con 8.78 tn.ha^{-1} y 17.14 tn.ha^{-1} ; el sistema Cacao (8 años), capirona, bolaina y caoba (10 años) con 19.87 tn.ha^{-1} y con 73.79 tn.ha^{-1} de C total y por último el sistema Cacao (8 años) capirona, bolaina y café de 0 años con 16.55 tn.ha^{-1} y 29.61 tn.ha^{-1} de C total respectivamente. De manera general que los sistemas de mayor edad almacenan mayor cantidad de carbono. Sin embargo, al tener sistemas de similar edad también se puede apreciar diferencias marcadas que se deben en gran medida a las combinaciones de sombra y coberturas vegetales elegidas por cada agricultor así como el distanciamiento, condiciones biofísicas etc.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1.** El mayor contenido de biomasa se encontró en la hojarasca con 38.71 tn.ha^{-1} , seguido de las especies arbóreas vivas con 10.34 t.ha^{-1} , los árboles caídos muertos con 7.34 tn.ha^{-1} y arbustivas/herbáceas con 1.95 tn.ha^{-1} .
- 7.2.** Respecto al contenido total promedio de biomasa aérea (58.54 tn.ha^{-1}) encontrado en el sistema agroforestal con cacao, el 66.12% se encontró en la hojarasca por efecto de abscisión de las hojas del cacao, 17.66% las especies arbóreas vivas, 12.54% en árboles caídos muertos y 3.33% en las especies arbustivas y herbáceas encontradas en el sistema.
- 7.3.** El mayor contenido de carbono se encontró en la hojarasca con 17.42 tn.ha^{-1} , seguido de las especies arbóreas vivas con 4.65 tn.ha^{-1} , los árboles caídos muertos con 3.30 tn.ha^{-1} y arbustivas/herbáceas con 0.88 t.ha^{-1} y con una relación porcentual es de 66.36% para la hojarasca, 17.74% para la biomasa arbórea viva, 12.57% para los árboles caídos muertos y 3.35% para la biomasa arbustiva/herbácea considerando el promedio del 100% del contenido de carbono que fue de 26.25 tn.ha^{-1} .
- 7.4.** Los contenidos promedios obtenidos en materia orgánica y CO fue una función de la profundidad del suelo, la cual implicó valores de regresión de -0.401 y -0.2474 para el % de materia orgánica y el % de CO en el suelo respectivamente.

7.5. No existe una secuencia lógica del contenido de carbono por horizonte en relación al % de CO y % de M.O. no implicó una relación lógica en función de la profundidad del suelo sino del volumen del horizonte y su densidad aparente, determinándose así que el tratamiento (horizonte) entre 40 y 100 cm con un volumen de 28,129. 48 m³ arrojó un contenido de 23.88 tn.ha⁻¹ de C, seguido del horizonte entre 0 y 10 cm con un volumen de 4,244.27 m³ con 14.098 tn.ha⁻¹ de C, el horizonte entre 20 y 40 cm con un volumen de 9,038.83 m³ con 12.035 tn.ha⁻¹ de C y el horizonte entre 10 y 20 cm con un volumen de 4,633.90 m³ con un promedio de 8.383 tn.ha⁻¹ de C total en el suelo respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES

8.1. Se requiere promover un programa que incluya:

- Una propuesta para la consideración de los cacaotales con sombra diversificada en el almacenamiento y fijación de CO₂.
- La revaloración del sistema productivo de cacao bajo sombra y sensibilizar a los productores cacaoteros de la región, sobre la necesidad de conservar estos sistemas productivos. Esto debe hacerse bajo un esquema de oportunidades de ingresos económicos por el pago de servicios ambientales, y dentro de un proceso de autogestión, que permita la constitución de organizaciones locales para el manejo integral de los cafetales.
- Sensibilizar a las autoridades municipales, sobre la necesidad de fomentar el mantenimiento de los cacaotales con sombra diversificada, como proveedores de servicios ambientales locales, y proponer su consideración como parte del Plan de Desarrollo Municipal, así como de su Reglamento Ambiental Municipal.

8.2. Realizar trabajos complementarios de investigación en diferentes sectores de la Región San Martín para revalorar los beneficios económicos, productivos, sociales y de servicio ambiental que brindan los sistemas agroforestales diversificados con cacao, de manera que se conserven estos sistemas productivos.

- 8.3.** Apoyar a los agricultores cacaoteros en la incursión del negocio de Créditos de Carbono, de tal manera que se evalúe la rentabilidad del sistema productivo, así como la liquidez necesaria para invertir en la certificación del servicio de captura de Carbono.
- 8.4.** Al Ministerio de Agricultura, al Ministerio de Medio Ambiente y a todas las autoridades competentes de la Región San Martín, difundir sobre la importancia que tiene la concentración de carbono almacenado y su efecto en el medio ambiente.
- 8.5.** Es importante hacer una buena selección de especies, correcta asociación y un diseño adecuado del sistema a utilizar en función a los posibles fines y sobre todo según las prioridades de uso que el agricultor quiera dar a su parcela. Para este caso se recomienda alternar el cultivo de cacao con especies forestales y frutales que permitan obtener diferentes subproductos y beneficios al sistema, tanto como para seguridad nutricional de la familia productora así como para fines comerciales (venta de productos como frutas, madera, medicina, etc.), y adicionalmente a todos estos beneficios, también es posible aprovechar cualquier sistema agroforestal con fines de venta de Créditos de Carbono para la cual se debe procurar dinamizar la fijación de Carbono cada año, asegurándose de cumplir los requisitos establecidos por el Protocolo de Kyoto.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Alegre, J., Arévalo, L. y Palma, C. (2001). Manual - Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios en la amazonía peruana. Gráfica San miguel. Lima – Perú.
2. Arévalo, L., Alegre, J. y Palma, C. (2003). Manual - Determinación de Reservas Totales de Carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Gráfica San miguel. Lima – Perú.
3. Allen y Allen. (1981). Manual – Aspecto botánico de la Erytryna. Colombia.
4. Alonso, P. (1998). Enfermedades de la Erytryna. Colombia.
5. Arévalo Gardini, E; Zúñiga, L; Arévalo Arévalo, C., Adiazola Del Águila. (2004). Guía Técnica de Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonia Peruana. Instituto de Cultivos Tropicales. Bloomberg, 2007. "Cocoa Heads For Biggest Weekly Drop Since July as Pound Soars". Citado el 08 de octubre, 2011 w www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=ahdM_RO291ow
6. Bernoux, M. (1998). "Captura de carbono en los suelos"
7. Calzada, B. (1982). Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Milagros S.A. Lima - Perú. 644 Págs.
8. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, (2004). "Agroforestería de las Américas". Costa Rica. Pág.16 – 21.
9. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, (2008). "Agroforestería de las Américas". Costa Rica. Pág. 26 – 45.
10. Comisión Multipartidaria Encargada de evaluar la problemática del cultivo de las cuencas cocaleras del Perú. (2004). Informe Final - Julio 2004.

<http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/Monografias/Frutales/Jaca.html?url>],

<http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros/51/5100001a.htm>

11. Chappa, C. E.; Quiñe, M. P. (2009). "Cuantificación de Biomasa y Reserva de Carbono en Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) en Dos Pisos Altitudinales" Para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Pág. 1-72
12. Ecosur. (2002). "Proyecto Piloto Internacional para la Captura de Carbono y Desarrollo Silvicultora Comunitario en Chiapas – México" D.F. 5 p.
<http://www.ecosur.mx/scolel/cc.htm>.
13. FAO. (2002). "Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra". FAO. Pág. 30,31.
14. Fishersworrying, B., Robkamp, R. (2001). "Caficultura Ecológica" Popayán – Colombia. Pág. 88.
15. Fundación para el Avance de los estudios Mesoamericanos, (2007). Análisis de Esqueletos aqchikeles: Iximché, Guatemala.
www.famsi.org/reports/99002es/section02.htm
16. Gallusser, J. (2007). Estudio comparativo sobre sistemas integrados de producción y sistemas agroforestales en el departamento de San Martín. S/c: Capirona-Volens.
17. IICA, GTZ, MINAG, (2006). Protocolo Estandarizado de Oferta Tecnológica para el Cultivo del Cacao. Plan estratégico cadena agroproductiva del cacao 2006. www.minag.gob.pe/dgpa1/?mod=cad_cacao_noti

18. Isminio, M. (2006). "Estimación del Carbono en la Biomasa Aérea del Café bajo sombra de guaba en la Provincia de Lamas - Perú" Para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, UNSM – T Pág. 17.
19. Instituto de Cultivos Tropicales – ICT. (2006). "Biomasa y Carbono almacenado en un sistema de Manejo Mejorado de Cacao en la Selva Peruana" Artículo Científico. Tarapoto Perú.
20. Jandl, R. (2001). "Medición de Tendencias en el Tiempo de Almacenamiento de Carbono en el Suelo" Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia – Chile. Pág. 01

[En Línea] [Citado 09 Agosto 2011]: (<http://www.icp-forests.org>, documento).
21. Larrea, C. (2007). "Determinación de las reservas de carbono en la Biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L." Para optar el Título de Ingeniero Ambiental, UNAS Pág. 06 – 84.
22. Lapeyre, T. Alegre, J. y Arevalo, L. (2004). "Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú". *Ecol. apl.* [En Línea]. [Citado 28 Octubre 2011], (http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162004000100006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1726-2216).
23. Lopez, W. (1994). "Sistemas Agrarios de producción" Tarapoto – Perú. 113 p.
24. Márquez, O. (2005). "Cálculo de Biomasa y Captura de carbono en Cuatro sistemas Agroforestales con Café, en Tarapoto". Prácticas Pre-Profesionales, Universidad Nacional Agraria La Molina –. Pág. 07 – 53.

25. MINAG, (2006). Ex cocaleros venden su cacao a importante empresa europea & Catación de Cacao, Calidad y competitividad asegurada. Juanjuí - Martes 08, Agosto del 2006.
www.minag.gob.pe/dgpa1/?mod=cad_cacao_noti
www.minag.gob.pe/dgpa1/ARCHIVOS/cacao_noti4.pdf
26. Muños, M. (2006). "Dinámica del Carbono Orgánico del Suelo en Ecosistemas de la Zona Mediterránea de Chile" Para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias de Recursos Naturales, Temuco - Chile Pág. 44 – 45.
27. Nair, P. (1983). «Multiple land-use and agroforestry». En: Nugent, J.; O'Connor, M. (Eds). Better Crops for Food. CIBA Foundation Symposium 97. Londres: Pitman Books, 1983. pp. 101-115.
28. Oren, R. et al. (2001). "Soil fertility limits carbon sequestration by forest ecosystem in a CO₂, enriched atmosphere, Nature".
29. Organización de las Naciones Unidas. (2002). "Suelos para un mejor manejo de la Tierra" Roma – Italia. [En Línea] [Citado 8 Agosto 2011] (http://www.fao.org/carbono_en_el_suelo).
30. Rios, G. (2006). Aspecto botánico de la shaina.
31. Sánchez, P. (1981). "Suelos del Trópico, Características y Manejo" Ed. IICA, San José – Costa Rica Pág. 167.
32. Schimel, D. (1998). "The carbón equation, Nature".
33. Smith, (1993). "Captura de Carbono en un bosque tropical" Michoacan – México.
34. Torres, (2007). "Sistemas Agroforestales y Prácticas Agrícolas", [En Línea] [Citado 8 Agosto 2011]: (<http://es.wikipedia.org/wiki/Agroforestería>).

- 35.** UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, (2006). GHG Data 2006 Highlights Data from GHG Green House Gas Emissions Data 2006; from 1990 to 2004 for Annex 1 Parties Submitted under de United Framework Convention on Climate change unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/ghg_booklet_06.pdf Pagina visitadas el 11 de Mayo del 2011.
- 36.** Villalobos, S. F., (2005). El fenómeno del cambio climático. [En Línea] [Citado 8 Agosto 2011]: (<http://www.monografias.com/trabajos48/secuestro-de-carbono/secuestro-de-carbono.shtml>, documento).

X. RESUMEN

El presente ensayo busca contribuir con la generación de información técnica de base de datos para la elaboración de proyectos de comercialización de créditos de carbono, mediante el aprovechamiento de sistemas agroforestales de cacao en la Amazonía peruana, como sumideros de gases de efecto invernadero y como posible motor de desarrollo para los productores cacaoteros. Se utilizó una estadística descriptiva y comparativa, que tiene como propósito cuantificar la reserva de carbono en un sistema agroforestal con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Región San Martín. Este estudio se realizó en la EE - ICT, ubicado a 2.5 Km. de Tarapoto, en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Sector Laguna Venecia (transectos 1, 2, 3, 4).

Los resultados muestran las reservas de carbono por cada tipo de biomasa aérea y del suelo en La parcela que fue evaluada (Estación Experimental Juan Bernito), El mayor contenido de biomasa se encontró en la hojarasca con 38.71 tn.ha^{-1} , seguido de las especies arbóreas vivas con 10.34 t.ha^{-1} , los árboles caídos muertos con 7.34 tn.ha^{-1} y arbustivas/herbáceas con 1.95 tn.ha^{-1} . Respecto al contenido total promedio de biomasa aérea (58.54 tn.ha^{-1}) encontrado en el sistema agroforestal con cacao, el 66.12% se encontró en la hojarasca por efecto de abscisión de las hojas del cacao, 17.66% las especies arbóreas vivas, 12.54% en árboles caídos muertos y 3,33% en las especies arbustivas y herbáceas encontradas en el sistema. El mayor contenido de carbono se encontró en la hojarasca con 17.42 tn.ha^{-1} , seguido de las especies arbóreas vivas con 4.65 tn.ha^{-1} , los árboles caídos muertos con 3.30 tn.ha^{-1} y arbustivas/herbáceas con 0.88 t.ha^{-1} y con una relación porcentual es de 66.36%

para la hojarasca, 17.74% para la biomasa arbórea viva, 12.57% para los árboles caídos muertos y 3.35% para la biomasa arbustiva/herbácea considerando el promedio del 100% del contenido de carbono que fue de 26.25 tn.ha⁻¹. Los contenidos promedios obtenidos en materia orgánica y CO fue una función de la profundidad del suelo, la cual implicó valores de regresión de -0.401 y -0.2474 para el % de materia orgánica y el % de CO en el suelo respectivamente. No existe una secuencia lógica del contenido de carbono por horizonte en relación al % de CO y % de M.O. no implicó una relación lógica en función de la profundidad del suelo sino del volumen del horizonte y su densidad aparente, determinándose así que el tratamiento (horizonte) entre 40 y 100 cm con un volumen de 28,129.48 m³ arrojó un contenido de 23.88 tn.ha⁻¹ de C, seguido del horizonte entre 0 y 10 cm con un volumen de 4,244.27 m³ con 14.098 tn.ha⁻¹ de C, el horizonte entre 20 y 40 cm con un volumen de 9,038.83 m³ con 12.035 tn.ha⁻¹ de C y el horizonte entre 10 y 20 cm con un volumen de 4,633.90 m³ con un promedio de 8.383 tn.ha⁻¹ de C total en el suelo respectivamente.

Palabras claves: *Transecto, biomasa, efecto invernadero.*

XI. SUMMARY

To global scale the change of use of the land and the forest activities have been, and are nowadays clear sources of emission of carbon dioxide in the atmosphere. Nevertheless with a suitable managing, the human beings we have the potential to change the direction of the flows of carbon between the soil and the atmosphere; and parallel there would be provided multiple environmental and socioeconomic benefits by means of the payment by environmental services, achieving this way the goals of the sustainable development as well as the mitigation of the global effects of the climate change.

The present thesis had as principal aim generate technical scientific information base for the project formulation of credit commercialization of carbon, in the frame of the Protocol of Kyoto, by means of the system utilization agroforestales of cocoa in the Peruvian Amazonia. In addition the present test seeks to contribute with the generation of technical information of database to the project formulation of credit commercialization of carbon, by means of the system utilization agroforestales of cocoa in the Peruvian Amazonia, as sinks of greenhouse gases and as possible engine of development to the producers cacaoteros.

There was in use a descriptive and comparative statistics, which has as intention quantify the reservation of carbon in a system agroforestal with cocoa (*Theobroma cocoa* L.) Tarapoto San Martín. This study was realized in the demonstrative plots of the Institute of Tropical Cultures (E.E Juan Bernito), located to 2.5 km from Tarapoto, in the District of the Band of Shilcayo, Sector Lagoon Venice (transectos 1, 2, 3, 4).

The results show the reservations of carbon for every type of air biomass and of the soil in the evaluated plot, it is so the major content of biomass met in the verbiage 38.71 tn.ha⁻¹, followed by the arboreal alive species 10.34 t.ha⁻¹, the fallen dead trees 7.34 tn.ha⁻¹ and arbustivas/herbáceas 1.95 tn.ha⁻¹. With regard to the total average content of air biomass (58.54 tn.ha⁻¹) found in the system agroforestral with cocoa, 66.12 % was in the verbiage for effect of abscission of the leaves of the cocoa, 17.66 % the arboreal alive species, 12.54 % in fallen dead trees and 3,33 % in the species arbustivas and herbaceous found in the system.

The major content of carbon met in the verbiage 17.42 tn.ha⁻¹, followed by the arboreal alive species 4.65 tn.ha⁻¹, the fallen dead trees with 3.30 tn.ha⁻¹ and arbustivas/herbáceas with 0.88 t.ha⁻¹ and with a percentage relation it is 66.36 % for the verbiage, 17.74 % for the arboreal alive biomass, 12.57 % for the fallen dead trees and 3.35 % for the biomass arbustiva/herbácea considering the average of 100 % of the content of carbon that was of 26.25 tn.ha⁻¹. The average contents obtained in organic matter (MO) and organic carbon (CO) it was a function of the depth of the soil, which I involve values of regression of -0.401 and -0.2474 for him % of organic matter (MO) and the % of organic carbon (CO) in the soil respectively.

It does not exist a logical sequence of the content of carbon for horizon in relation to the % of CO and % of M.O. did not involve a logical relation depending on the depth of the soil but of the volume of the horizon and his apparent density, deciding so the treatment (horizon) between 40 and 100 cm with a volume of 28,129. 48 m³ threw a content of 23.88 tn.ha⁻¹ of C, followed by the horizon between 0 and 10 cm with a volume of 4,244.27 m³ with 14.098 tn.ha⁻¹ of C, the horizon between 20 and 40 cm

with a volume of 9,038.83 m³ with 12.035 tn.ha⁻¹ of C and the horizon between 10 and 20 cm with a volume of 4,633.90 m³ with an average of 8.383 tn.ha⁻¹ of C total in the soil respectively.

Words claves: Transecto, biomass, greenhouse effect.

ANEXOS

ANEXO 1

**Cuadro 4: Total de Carbono almacenado en los diferentes estratos en los Fundos
“ Juan Bernito”**

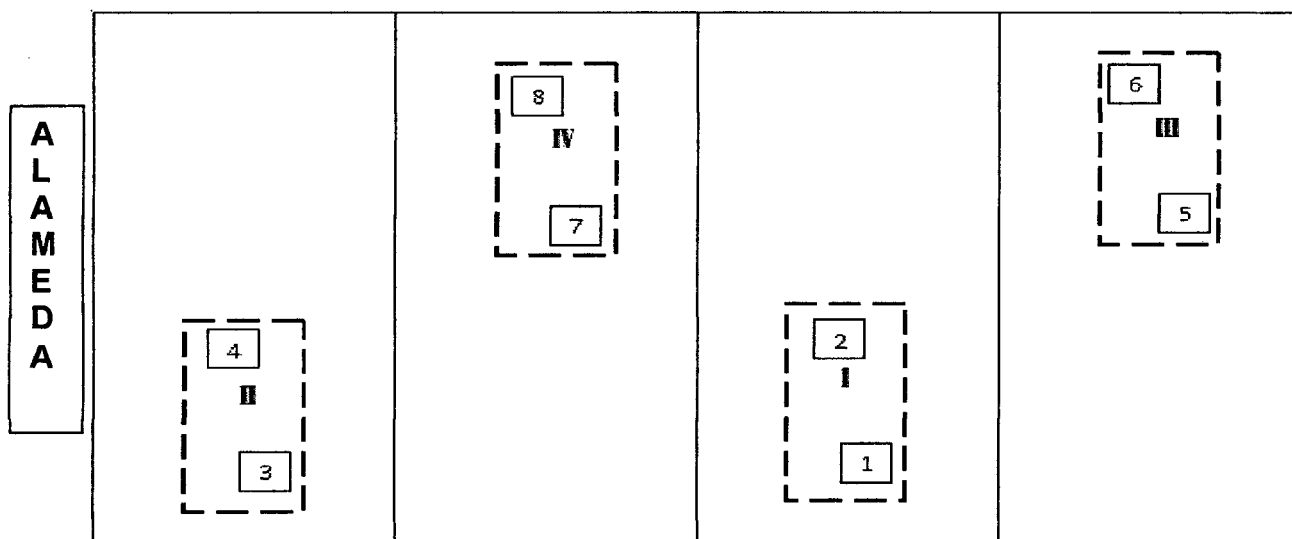
Transectos	Total de Carbono almacenado t/ha				
	Árboles vivos	Árboles caídos Muertos	Herbáceas y Arbustivas	Hojarasca	Suelo
Transecto I Cacao, guaba, eritrina	4.83	3.20	1.64	18.21	92.24
Transecto II Cacao, guaba, eritrina	4.84	0.00	0.26	11.07	100.52
Transecto III Cacao, guaba, plátano	4.65	6.90	0.00	6.34	92.72
Transecto IV Cacao, guaba, eritrina, naranja	4.31	3.12	0.10	21.80	93.48

ANEXO 2

CROQUIS DE CAMPO

Fundo “**Juan Bernito**”

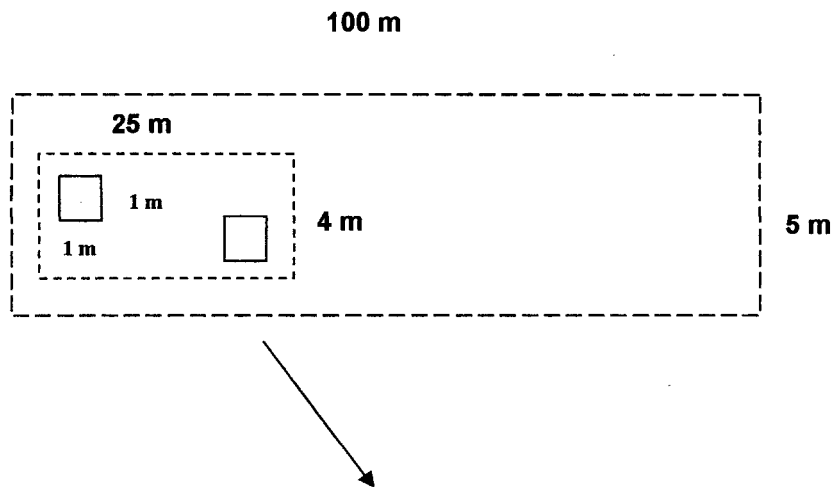
Sistema Agroforestal con Cacao (*Theobroma cacao*)



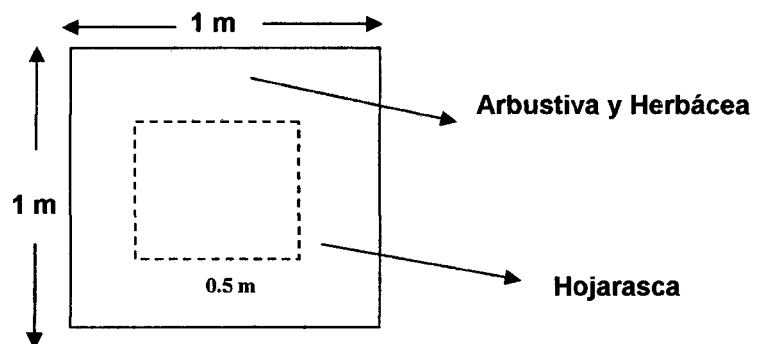
ANEXO 3

DETALLE DE BLOQUE Y TRANSECTOS DE EVALUACIÓN

Diseño de parcelas de evaluación de biomasa por estrato florístico



Para evaluación de biomasa arbustiva-herbácea y hojarasca



ANEXO 4

HOJA DE TRABAJO N° 1 BIOMASA DE ÁRBOLES VIVOS EN EL “FUNDO JUAN BERNITO”

TRAN	Nº PLAN	D30 cm	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	TOTAL DIA.	BIO. Kg/árbol	BIO. t/ha	CARBON O ALMA. t/ha
I	1	13.5 0	10.7 0	9.50						33.70	10.13	1.01	0.46
	2	8.20	6.30	3.60	5.50					23.60	6.46	0.65	0.29
	3	10.1 0	5.40	8.30	4.70					28.50	8.20	0.82	0.37
	4	11.7 0	9.70	5.60	0.00					27.00	7.66	0.77	0.34
	5	7.20								7.20	1.44	0.14	0.06
	6	17.0 0								17.00	4.26	0.43	0.19
	7	1.40	0.40	0.40	0.30	0.5 0				3.00	0.48	0.05	0.02
	8	9.00	4.20	8.70	9.70					31.60	9.34	0.93	0.42
	9	17.1 0	16.4 0	9.10	10.50					53.10	18.01	1.80	0.81
	10	4.50	2.30	2.40	2.60	2.8 0	3.9 0			18.50	4.75	0.47	0.21
	11	1.00								1.00	0.12	0.01	0.01
	12	0.70								0.70	0.08	0.01	0.00
	13	7.10	4.40	2.30	3.00	7.6 0				24.40	6.74	0.67	0.30
	14	12.2 0	9.20	12.1 0	9.80	9.6 0				52.90	17.93	1.79	0.81
	15	0.80								0.80	0.09	0.01	0.00
	16	1.00								1.00	0.12	0.01	0.01
	17	7.90								7.90	1.62	0.16	0.07
	18	7.20	1.60	5.20	3.60					17.60	4.46	0.45	0.20
	19	11.5 0	3.50	5.40	6,2,4, 2					20.40	5.37	0.54	0.24
SUBTOTAL											107.24	10.72	4.83

HOJA DE TRABAJO N° 1

BIOMASA DE ÁRBOLES VIVOS EN EL “FUNDO JUAN BERNITO”

TRAN.	N° PLAN.	D30 cm	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	TOTAL DIA.	BIO. Kg/arbol	BIO. t/ha	CARBONO ALMA. t/ha
II	1	11.20								11.20	2.52	0.25	0.11
	2	16.80								16.80	4.20	0.42	0.19
	3	11.70	4.00	3.80	3.00	2.20				24.70	6.84	0.68	0.31
	4	3.40								3.40	0.56	0.06	0.03
	5	15.00	8.60	9.80						33.40	10.02	1.00	0.45
	6	26.20	16.90	13.20						56.30	19.40	1.94	0.87
	7	6.60	4.30	2.00						12.90	3.01	0.30	0.14
	8	23.70								23.70	6.49	0.65	0.29
	9	5.00	2.20	2.40	1.80					11.40	2.57	0.26	0.12
	10	12.30								12.30	2.83	0.28	0.13
	11	21.00								21.00	5.57	0.56	0.25
	12	2.20								2.20	0.32	0.03	0.01
	13	19.30								19.30	5.01	0.50	0.23
	14	13.00	8.40	4.40	7.10					32.90	9.83	0.98	0.44
	15	0.90								0.90	0.10	0.01	0.00
	16	12.30								12.30	2.83	0.28	0.13
	17	9.20	5.10	8.00						22.30	6.01	0.60	0.27
	18	3.00	1.00	1.00	1.60					6.60	1.29	0.13	0.06
	19	5.80	2.80	3.40	1.30					13.30	3.13	0.31	0.14
	20	7.40								7.40	1.49	0.15	0.07
	21	10.60	3.00	2.20	3.80	2.00	2.00			23.60	6.46	0.65	0.29
	22	8.50	5.20	4.70	4.70	2.00				25.10	6.98	0.70	0.31
SUBTOTAL											107.46	10.75	4.84

HOJA DE TRABAJO N° 1

BIOMASA DE ÁRBOLES VIVOS EN EL "FUNDO JUAN BERNITO"

TRAN	N° PLAN	D30 cm	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	TOTA L DIA.	BIO. Kg/arbol	BIO. t/ha	CARBON O ALMA. t/ha
III	1	14.9 0	3.30	3.40	3.70	4.7 0	4.50	5.0 0	6.30	45.80	14.94	1.49	0.67
	2	10.2 0	9.20	3.30	3.20					25.90	7.26	0.73	0.33
	3	13.3 0								13.30	3.13	0.31	0.14
	4	7.30	3.90	3.20	2.80	2.8 0				20.00	5.24	0.52	0.24
	5	7.20	3.10	5.10	2.20	2.2 0	4.20			24.00	6.60	0.66	0.30
	6	10.0 0								10.00	2.18	0.22	0.10
	7	11.3 0								11.30	2.54	0.25	0.11
	8	5.30								5.30	0.98	0.10	0.04
	9	10.2 0	3.50	2.30	3.00	3.0 0	4.40	4.1 0		30.50	8.93	0.89	0.40
	10	10.0 0	2.90	2.80	3.70	4.8 0	3.90			28.10	8.05	0.81	0.36
	11	17.0 0								17.00	4.26	0.43	0.19
	12	12.0 0	5.10	6.00	4.80	5.6 0				33.50	10.06	1.01	0.45
	13	12.2 0	8.30	4.40	4.40					29.30	8.49	0.85	0.38
	14	9.40								9.40	2.02	0.20	0.09
	15	7.60								7.60	1.54	0.15	0.07
	16	5.00	3.50	2.40	2.30					13.20	3.10	0.31	0.14
	17	15.5 0	6.00	8.10						29.60	8.60	0.86	0.39
	18	9.80								9.80	2.12	0.21	0.10
	19	13.8 0								13.80	3.28	0.33	0.15
SUBTOTAL											103.32	10.33	4.65

HOJA DE TRABAJO N° 1

BIOMASA DE ÁRBOLES VIVOS EN EL “FUNDO JUAN BERNITO”

TRAN.	N° PLAN.	D30 cm	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	TOTAL DIA.	BIO. Kg/árbol	BIO. t/ha	CARBONO ALMA. t/ha
IV	1	7.30	3.50	1.90	2.00	4.60				19.30	5.01	0.50	0.23
	2	4.50	4.40	2.10	2.40					13.40	3.16	0.32	0.14
	3	3.60	1.30	1.30	1.30					7.50	1.51	0.15	0.07
	4	10.70	5.80	4.70	4.30	5.00				30.50	8.93	0.89	0.40
	5	14.40								14.40	3.46	0.35	0.16
	6	11.80								11.80	2.69	0.27	0.12
	7	13.10	3.80	6.00	4.20	6.00	6.50			39.60	12.43	1.24	0.56
	8	9.70	3.40	9.60	4.20					26.90	7.62	0.76	0.34
	9	15.80								15.80	3.89	0.39	0.17
	10	11.00	3.70	6.00						20.70	5.47	0.55	0.25
	11	4.00	2.10	0.80	1.00	1.90				9.80	2.12	0.21	0.10
	12	12.60	4.20	5.10	5.20	5.50	4.30			36.90	11.37	1.14	0.51
	13	14.90	8.80	8.80	3.50					36.00	11.02	1.10	0.50
	14	4.80	1.30	3.00						9.10	1.93	0.19	0.09
	15	15.40	11.10	7.60	6.00					40.10	12.63	1.26	0.57
	16	4.20	0.80	1.00	2.00	1.20	2.00			11.20	2.52	0.25	0.11
SUBTOTAL											95.75	9.57	4.31

HOJA DE TRABAJO N° 2

BIOMASA DE ÁRBOLES CAIDOS EN EL "FUNDO JUAN BERNITO"

TRANSECTO	N° ARBOL CAIDO	LONGITUD (m)	D1	D2	BIOMASA Kg/arbol	BIOMASA t/ha	CARBONO ALMACENADO t/ha
I	1	1.10	14.50	14.20	71.16	7.12	3.20
	2	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUBTOTAL					71.16	7.12	3.20
II	1	0	0		0	0.00	0
	2	0	0		0	0.00	0
	3	0	0		0	0.00	0
	4	0	0		0	0.00	0
SUBTOTAL					0	0.00	0
III	1	1.80	15.40	15.00	130.65	13.07	5.88
	2	1.52	16.80	14.50	12.19	1.22	0.55
	3	1.62	12.7	15.3	10.47	1.05	0.47
	4	0	0		0.00	0.00	0.00
SUBTOTAL					153.32	15.33	6.90
IV	1	1.21	13.5	13.5	69.28	6.93	3.12
	2	0	0		0	0.00	0
	3	0	0		0	0.00	0
	4	0	0		0	0.00	0
SUBTOTAL					69.28	6.93	3.12
PROMEDIO					73.44	7.34	3.30
TOTAL					293.76	29.38	13.22

HOJA DE TRABAJO N° 3

BIOMASA HERBÁCEA EN EL "FUNDO JUAN BERNITO"

TRANSECTO	# DE CUADRANTE	P.S (gr)		PESO M.F COLEC. (Kg/0,25 m2)	PESO M.F COLEC. (gr)	PESO M.S (gr)	Biom. Herb. (Kg/m2)	Bio. (kg/ha)	Carbono alma. t/ha
I	1	A	16.56	0.23	225.46	208.90	0.21	2.09	0.94
		B	16.61	0.17	172.29	155.68	0.16	1.56	0.70
		C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUB TOTAL						0.36	3.65	1.64
	2	A	16.41	0.18	180.09	18.58	0.02	0.19	0.08
		B	16.43	0.33	329.98	23.95	0.02	0.24	0.11
		C	16.70	0.30	301.99	14.44	0.01	0.14	0.06
	SUB TOTAL						0.06	0.57	0.26
	II	3	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4		A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUB TOTAL						0.00	0.00	0.00	
III	5	A	16.57	0.19	192.03	22.18	0.02	0.22	0.10
		B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUB TOTAL							0.22	0.10
IV	7	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUB TOTAL						0.00	0.00	0.00
	TOTAL						0.42	5.23	2.35

HOJA DE TRABAJO N° 4

BIOMASA DE HOJARASCA EN EL "FUNDO JUAN BERNITO"

TRAN.	# CUA.	P.S (gr)		PESO M.F COLEC. (Kg/0,25 m2)	PESO M.F COLEC. (gr)	PESO M.S (gr)	Biom. Herb. (Kg/0,25m2)	Biom. (kg/ha)	Carbono alma. t/ha
I	1	A	16.65	0.26	257.56	134.57	0.13	5.38	2.42
		B	16.71	0.37	366.05	175.54	0.18	7.02	3.16
		C	16.47	0.29	291.01	162.44	0.16	6.50	2.92
		D	16.38	0.16	158.42	86.40	0.09	3.46	1.56
	SUB TOTAL						0.56	22.36	10.06
	2	A	16.49	0.18	180.01	86.81	0.09	3.47	1.56
		B	16.83	0.33	329.58	180.25	0.18	7.21	3.24
		C	16.68	0.30	302.01	185.70	0.19	7.43	3.34
							0.45	18.11	8.15
	II	3	A	16.39	0.24	244.91	136.79	0.14	5.47
B			16.56	0.26	258.54	133.65	0.13	5.35	2.41
4		A	16.42	0.20	198.60	98.00	0.10	3.92	1.76
		B	16.51	0.18	178.23	98.04	0.10	3.92	1.76
		C	16.6	0.27	273.17	148.65	0.15	5.95	2.68
SUB TOTAL						0.62	24.61	11.07	
III	5	A	16.61	0.36	358.20	204.88	0.20	8.20	3.69
		B	16.34	0.25	249.44	147.22	0.15	5.89	2.65
	6	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SUB TOTAL						0.35	14.08	6.34
IV	7	A	16.40	0.29	286.31	145.26	0.15	5.81	2.61
		B	16.51	0.46	461.48	248.38	0.25	9.94	4.47
		C	16.31	0.55	547.83	309.52	0.31	12.38	5.57
	8	A	16.35	0.28	275.68	114.50	0.11	4.58	2.06
		B	16.31	0.37	373.28	184.73	0.18	7.39	3.33
		C	16.34	0.37	365.73	208.90	0.21	8.36	3.76
	SUB TOTAL						1.21	48.45	21.80
	TOTAL								127.61

HOJA DE TRABAJO N° 5

BIOMASA EN EL SUELO “FUNDO JUAN BERNITO”

Volumen del Cilindro = 68,70 cc

TRAN.	CAL.	PROF.(cm)	PESO SUELO SECO		DA gr/cc		PROM DA gr/cc	VOL. SUE. POR HZ.	M.O	% C	CAR. SUELO	SUB TOTAL
			1	2	1	2						
I	1	0-10	86.07	92.22	1.25	1.34	1.30	1297.60	1.90	1.10	14.33	92.24
		10-20	86.72	102.70	1.26	1.49	1.38	2757.21	0.93	0.54	14.81	
		20-40	99.62	85.23	1.45	1.24	1.35	5381.37	0.73	0.43	22.91	
		40-100	101.78	98.07	1.48	1.43	1.45	14545.12	0.48	0.28	40.19	
II	2	0-10	90.89	94.38	1.32	1.37	1.35	1348.40	1.66	0.96	12.97	100.52
		10-20	97.19	111.96	1.41	1.63	1.52	3044.40	0.90	0.52	15.81	
		20-40	104.37	101.16	1.52	1.47	1.50	5983.41	0.78	0.45	27.09	
		40-100	101.37	103.33	1.48	1.50	1.49	14898.11	0.52	0.30	44.65	
III	3	0-10	84.04	86.29	1.22	1.26	1.24	1239.67	1.90	1.10	13.64	92.72
		10-20	90.30	95.93	1.31	1.40	1.36	2710.77	1.09	0.63	17.10	
		20-40	93.48	91.01	1.36	1.32	1.34	5370.89	0.77	0.45	24.02	
		40-100	99.01	92.17	1.44	1.34	1.39	13914.12	0.47	0.27	37.94	
IV	4	0-10	98.32	98.77	1.43	1.44	1.43	1434.43	1.86	1.08	15.45	93.48
		10-20	101.08	106.51	1.47	1.55	1.51	3021.69	1.10	0.64	19.34	
		20-40	99.62	84.77	1.45	1.23	1.34	5367.98	0.72	0.41	22.27	
		40-100	96.11	97.63	1.40	1.42	1.41	14100.44	0.45	0.26	36.42	
TOTAL											378.96	



ANEXO N°05:

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECANICO				CIC	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases
											Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺		
%			meq/100																			
Lab.	Campo																					
11	06	0207	T1C1A	4.20	0.08	0.00	1.90	0.09	18.31	2840	57.68	12.00	30.32	Fra-Arc-Are	11.31	1.59	0.22	7.26		2.24	9.07	80.21
11	06	0208	T1C1B	4.17	0.03	0.00	0.93	0.04	2.07	31	65.68	10.00	24.32	Fra-Arc-Are	2.54	0.22	0.00	0.08		2.24	0.30	11.78
11	06	0209	T1C1C	4.06	0.03	0.00	0.73	0.03	0.00	28	55.68	10.00	34.32	Fra-Arc-Are	3.31	0.08	0.00	0.07		3.15	0.15	4.58
11	06	0210	T1C1D	4.19	0.02	0.00	0.48	0.02	0.00	7	49.68	8.00	42.32	Arc-Are	2.76	0.00	0.00	0.02		2.75	0.01	0.47
11	06	0211	T2C2A	4.06	0.10	0.00	1.66	0.07	11.94	14	71.68	10.00	18.32	Fra-Are	1.80	0.99	0.16	0.04		0.61	1.19	66.15
11	06	0212	T2C2B	3.99	0.04	0.00	0.90	0.04	3.18	8	65.68	12.00	22.32	Fra-Arc-Are	1.91	0.15	0.00	0.02		1.73	0.18	9.19
11	06	0213	T2C2C	4.08	0.03	0.00	0.78	0.04	0.32	0	55.68	10.00	34.32	Fra-Arc-Are	2.56	0.22	0.00	0.00		2.34	0.22	8.75
11	06	0214	T2C2D	4.01	0.04	0.00	0.52	0.02	0.48	0	47.68	10.00	42.32	Arc-Are	2.54	0.09	0.00	0.00		2.44	0.09	3.74
11	06	0215	T3C3A	4.28	0.08	0.00	1.90	0.09	34.39	55	71.68	10.00	18.32	Fra-Are	2.17	0.96	0.36	0.14		0.71	1.46	67.22
11	06	0216	T3C3B	4.17	0.03	0.00	1.09	0.05	1.59	10	65.68	10.00	24.32	Fra-Arc-Are	1.82	0.17	0.00	0.03		1.63	0.20	10.71
11	06	0217	T3C3C	4.09	0.04	0.00	0.77	0.03	0.48	284	53.68	10.00	36.32	Arc-Are	2.70	0.04	0.00	0.73		1.93	0.77	28.38
11	06	0218	T3C3D	4.09	0.02	0.00	0.47	0.02	0.00	66	47.68	10.00	42.32	Arc-Are	3.02	0.00	0.00	0.17		2.85	0.17	5.59
11	06	0219	T4C4A	4.85	0.05	0.00	1.86	0.08	25.96	57	67.68	12.00	20.32	Fra-Arc-Are	2.58	2.01	0.32	0.15		0.10	2.48	96.05
11	06	0220	T4C4B	4.21	0.03	0.00	1.10	0.05	3.18	17	61.68	10.00	28.32	Fra-Arc-Are	2.33	0.25	0.00	0.04		2.04	0.30	12.77
11	06	0221	T4C4C	4.33	0.02	0.00	0.72	0.03	0.32	19	49.68	10.00	40.32	Arc-Are	2.90	0.00	0.00	0.05		2.85	0.05	1.68
11	06	0222	T4C4D	4.32	0.02	0.00	0.45	0.02	0.00	0	49.68	10.00	40.32	Arc-Are	2.65	0.00	0.00	0.00		2.65	0.00	0.00

ANEXO 6

DATOS METEOROLÓGICOS

Grafico 11: Temperatura Media de Marzo – Agosto 2011 en el Fundo "Juan Bernito"

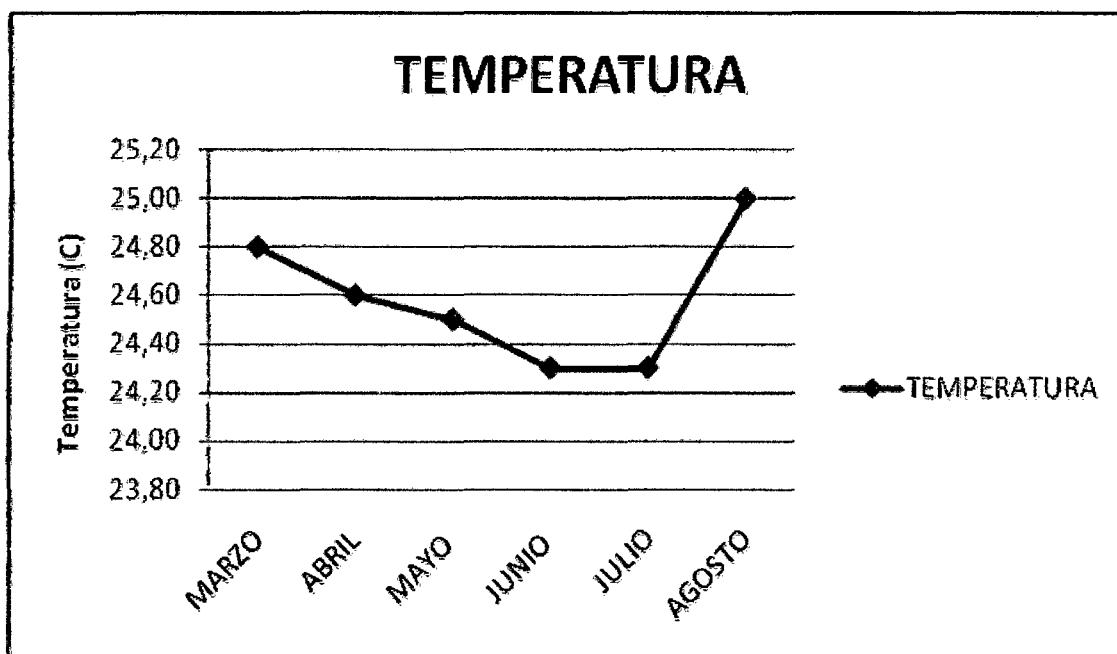


Grafico 12: Precipitación Promedio de Marzo – Agosto 2011 en el Fundo "Juan Bernito"

